

МЕЛИОРАЦИЯ: ЭТАПЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

**Материалы международной научно-
производственной конференции**

Москва 2006

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК

Государственное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации имени А.Н.Костякова

МЕЛИОРАЦИЯ: ЭТАПЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

**Материалы международной научно-производственной
конференции, посвященной 40-летию начала осуществления
широкомасштабной программы мелиорации**

Москва 2006

УДК 631.6
М 54

Мелиорация: этапы и перспективы развития. Материалы международной научно-производственной конференции. – М., 2006. - 326 стр.

В сборнике публикуются материалы международной научно-производственной конференции, посвященной 40-летию начала осуществления широкомасштабной программы мелиорации, организованной Научно-методическим центром по вопросам мелиорации и водного хозяйства Россельхозакадемии, Ассоциацией организаций водохозяйственного комплекса и ОАО «Водстрой». Рассмотрены этапы развития мелиорации, вопросы гидромелиорации, природоохранные технологии сельскохозяйственных мелиораций, водно-экологические проблемы развития мелиорации, проблемы гидротехники и механизации, экономики и управления.

Редакционный совет: академик РАСХН, доктор технических наук Б.М.Кизяев (председатель), доктор технических наук Л.В.Кирейчева (зам.председателя), доктор технических наук С.Я.Безднина (зам.председателя), Г.В.Нешина (секретарь), кандидат технических наук М.А.Волынов, доктор технических наук К.В.Губер, доктор технических наук С.Д.Исаева, кандидат технических наук И.С.Лапидовская, доктор технических наук З.М.Маммаев, кандидат технических наук А.О.Щербаков, доктор технических наук И.Ф.Юрченко

IBSN

© ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, 2006

Мелиорация: этапы и перспективы развития

Материалы международной
научно-производственной конференции

**Компьютерный набор
Компьютерная верстка**

Е.Н. Гетьман

СОДЕРЖАНИЕ

| | стр. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ | |
| П.А.Полад-заде, А.В.Алексанкин, А.А.Викснэ Этапы большого пути | 3 |
| Б.М.Кизяев Наука и широкомасштабное развитие мелиорации в стране..... | 9 |
| Г.С.Урванцев Нас позвал май 1966-го | 14 |
| В.А.Духовный Майский пленум 1966 г. и наша СНГ действительность– «Камо грядеши?» | 21 |
| А.М.Силкин, С.Г.Юрченко, Т.В.Некрасова, А.А.Носова Кафедра основание и фундаментов Московского Государственного Университета Природообустройства гидромелиоративному строительству | 28 |
| Ю.И.Широкова, А.К.Чернышев, Н.Ш.Шарафутдинова Опыт, задачи и перспективы улучшения мелиоративного контроля орошаемых земель | 35 |
| К.Г.Егорова Методологические основы переподготовки и повышения квалификации руководящих кадров и специалистов мелиоративных служб | 46 |
| ГИДРОМЕЛИОРАЦИЯ | |
| К.В.Губер Технология орошения деградированных земель | 50 |
| М.Ю.Храбров, А.С.Ермаков Совершенствование систем внутрпочвенного орошения..... | 58 |
| А.Д.Ахмедов, С.И.Богданов Энергосберегающая эффективность внутрпочвенного орошения кормовых культур | 62 |
| А.Д.Ахмедов Закономерности влияния поливной нормы на динамику формирования контура увлажнения в зависимости от конструкции увлажнителя | 66 |
| А.С.Корляков, В.С.Носовский Производственное освоение способов возделывания сои при орошении | 71 |
| В.В.Бородычев, В.М.Гуренко, Е.В.Шенцева, М.М.Гавра Качество рассады и продуктивность томатов на капельном орошении... | 75 |
| В.П.Максименко, Э.Б.Дедова, М.П.Чапанова Мелиорация засоленных земель с использованием пырея удлиненного сорта «солончаковый» и многофункционального удобрения-мелиоранта | 79 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| А.В.Майер Закономерности водопотребления кукурузы при поливе ДМ «Фермер-Кубань-ЛК-1» | 85 |
| М.Н.Лытов, В.В.Кравченко, С.Б.Адьяев Формирование водного режима почвы и продуктивность сои в рисовых севооборотах | 94 |
| В.С.Меркурьев, А.В.Шуравилин, Т.А.Михалева Влияние многолетнего орошения животноводческими стоками на урожайность и качество трав | 100 |
| А.Н.Морозов, Ю.И.Широкова Проблемы мелиоративного состояния земель и использования оросительной воды в низовьях р.Амударьи | 105 |
| В.Г.Насонов, А.А.Абиров Современные подходы к обоснованию параметров дренажа на землях древнего засоления..... | 111 |
| В.С.Печенина, Е.В.Носова Технология глубокого рыхления с внесением химмелиорантов на осушаемых землях | 123 |

ПРИРОДООХРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕЛИОРАЦИЙ

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Н.Г.Ковалев, Д.А.Иванов Ландшафтно-мелиоративное земледелие..... | 131 |
| М.Т.Устинов Адаптивно-ландшафтная мелиорация Барабы методом эколого-галогеохимической сопряженности почв и растений..... | 135 |
| И.П.Кружилин, В.Ф.Мамин, А.Г.Болотин, А.Л.Казакова, М.К.Тихонова Управление мелиоративным режимом в степной и сухостепной зонах страны | 142 |
| В.Н.Зинковский, Т.С.Зинковская Технологические возможности регулирования среды возделывания культур в системах земледелия с использованием комплекса мелиораций | 151 |
| Л.В.Кирейчева, О.Б.Хохлова, В.М.Яшин Эффективность использования органических и минеральных удобрений для повышения плодородия почв | 159 |
| Ю.С.Пунинский, В.Ю.Пунинский Технология биологической мелиорации орошаемых земель в условиях антропогенного загрязнения агроландшафтов | 163 |
| Н.П.Карпенко, Л.В.Кирейчева, Д.А.Манукьян, В.М.Яшин Обоснование мероприятий по рекультивации загрязненных земель на основе экспериментальных исследований | 169 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Нгуен Суан Хай Использование естественной бентонитовой глины для детоксикации тяжелых металлов в овощной продукции | 174 |
| В.Г.Головатый, В.Н.Буравцев, Е.А.Котова Влияние доз минерального питания на продуктивность райграса тетраплоидного в зависимости от уровней загрязнения почвы комплексом тяжелых металлов | 178 |
| Е.А.Макарычева К оценке притока грунтовых вод в почву | 183 |

ВОДНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| С.Я.Безднина Водно-экологические аспекты устойчивого развития мелиорации | 187 |
| А.В.Бочарин Проблемы устойчивого функционирования и развития водного хозяйства Республики Узбекистан | 194 |
| М.Р.Икрамова Проблемы управления водными ресурсами реки Амударья | 200 |
| С.Я.Безднина, Е.В.Овчинникова Экологические аспекты водоотведения в мелиорации | 204 |
| О.В.Воеводин, Л.А.Воеводина Современное состояние и перспективы развития проектно-изыскательских организаций водохозяйственного комплекса России | 209 |
| С.А.Гавриков Районирование территорий для оценки коэффициентов асимметрии и автокорреляции в рядах величин речного стока | 213 |
| В.Н.Рыбкин, А.В.Перминов Модель управления водными ресурсами на Энгельсской оросительной системе | 219 |

ГИДРОТЕХНИКА И МЕХАНИЗАЦИЯ

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| И.Ф.Пикалова, Т.В.Наумова Снижение опасности возникновения катастрофических наводнений при устройстве водосбросов типа «размываемая вставка» | 226 |
| Ю.Я.Гольцов, М.Ю.Гольцова Плотина из грунтовых материалов: математическое моделирование неустановившегося режима фильтрации | 232 |
| А.П.Гурьев, А.М.Бакштанин Распределение удельного расхода на выходе из водобойного колодца с боковым отводом потока | 239 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| В.В.Бердянский, В.Н.Бердянский | |
| Создание и внедрение новых эффективных конструкций горизонтальных дрен закрытого типа и рациональных способов их строительства .. | 244 |
| Е.С.Лепнова | |
| К вопросу о мониторинге в зоне орошения | 249 |
| Г.Х.Бедретдинов, И.С.Карпушкин | |
| Оптимизация глубины укладки горизонтального дренажа с учетом технологии производства работ | 253 |
| Б.М.Кизяев, В.Н.Басс | |
| Техническое обеспечение мелиорации | 256 |
| З.М.Маммаев | |
| Механизация мелиоративных работ в гумидной зоне Российской Федерации (прошлое и будущее) | 261 |
| В.С.Пунинский | |
| Тенденции механизации процессов уборки камней с мелиорируемых земель гумидной зоны | 267 |

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Н.С.Быстрицкая | |
| Экономическое регулирование водохозяйственной деятельности | 277 |
| М.Б.Дуэль, И.Ф.Юрченко | |
| Оценка эффективности инвестиционного проекта обеспечения безопасности ГТС | 284 |
| В.В.Каштанов | |
| Технические характеристики дождевальных машин как фактор агропогенного воздействия на окружающую среду | 290 |
| Л.В.Кирейчева, И.В.Белова, М.В.Глистин, М.Т. Устинов | |
| Обоснование эффективности комплексных мелиораций Барабинской низменности Новосибирской области..... | 294 |
| М.А.Рзаев | |
| Проблемы комплексной оценки эффективности орошения в современных условиях | 303 |
| А.В.Тиньгаев, Р.П.Воробьева, Л.В.Кирейчева | |
| Геоинформационная система регионального эколого-мелиоративного использования биологических отходов в сельском хозяйстве | 307 |
| Г.Н. Суханов | |
| Методический подход к оптимизации региональной стратегии размещения комплексной мелиорации на основе экономико-математических моделей | 314 |
| СОДЕРЖАНИЕ | 323 |

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ

УДК 631.6

ЭТАПЫ БОЛЬШОГО ПУТИ

П.А. Полад-заде

ОАО «Водстрой», Москва, Россия

А.В. Алексанкин, А.А. Викенэ

Ассоциация организаций водохозяйственного комплекса, Москва, Россия

В условиях социалистической системы хозяйствования вопросы развития сельского хозяйства постоянно находились в центре внимания руководящих органов страны. Ускорение темпов его развития рассматривалось как решающее условие повышения жизненного уровня народа.

По значимости поставленных практических задач, глубине и силе воздействия на положение дел в деревне и развитие экономики в целом особое место принадлежит мартовскому (1965 г.) Пленуму ЦК КПСС.

Развитие мелиорации в России неразрывно связано с историей подъема, успехов и неудач в сельском хозяйстве страны. К началу 60-х годов XX столетия стало понятным, что все экстенсивные пути развития АПК, включая освоение целинных и залежных земель, исчерпаны. На мартовском (1965 г.) Пленуме ЦК КПСС были одобрены принципы аграрной политики на предстоящие годы, определены основные факторы интенсификации сельского хозяйства: механизация, химизация, мелиорация. Три кита - как опора подъема сельскохозяйственного производства и преобразования жизни людей на селе.

Минводхозом СССР были подготовлены в 1965 году предложения по развитию мелиорации, обеспечивающие перелом ситуации постоянной зависимости сельского хозяйства от превратностей природы.

В силу особой значимости проблемы было решено обсудить вопросы развития мелиорации на специальном Пленуме ЦК КПСС как задачу крупную, общегосударственную и политическую.

По итогам майского (1966) Пленума была принята широкомасштабная программа развития мелиорации на ближайшие 10 лет. Для реализации программы было предусмотрено создание производственной базы, специализированных институтов и водохозяйственных строительных организаций, научных институтов, в задачу которых входили разработка новой строительной технологии, строительной, мелиоративной и дорожной техники, технологий поливов, обоснование экономической эффективности рекомендуемых технологий строительства и эксплуатации мелиоративных систем.

Реализация программы по всем направлениям — это фактически этапы большого пути, пройденного всей страной. Даже простой перечень свидетельствует о величии свершенного: освоение Голодной и Каршинской степей в Узбекистане, рисовые системы в Каракалпакии, на юге Казахстана и

Краснодарского края, Большой Ставропольский канал и система сооружений в Ставропольском крае, освоение земель на Дальнем Востоке; в Сибири, на Украине. Комплексное освоение земель Нечерноземной зоны России, почти полное осушение сельскохозяйственных угодий в Прибалтике.

Два положения программы можно назвать поистине революционными.

Первое - это перенос центра тяжести водохозяйственного строительства из традиционных зон (Средняя Азия, Закавказье) на территорию Российской Федерации, Украины, Белоруссии, Прибалтийских республик. Эта задача должна была быть решена без ущерба темпам развития мелиорации в южных республиках.

Второе - это требование резко поднять технический уровень мелиоративных систем, то есть обеспечить выход на уровень самых высоких достижений мировой науки и практики орошения и осушения.

Перечисление всего того, что было сделано в первые десятилетия осуществления долговременной программы мелиорации земель на территории огромной страны заняло бы слишком много места. Достаточно лишь назвать наиболее весомые достижения.

Был создан, в России практически - с нуля, агропромышленный комплекс по производству отечественного риса, функционирование которого обеспечивало ежегодный сбор более 2,5 млн. т зерна этой ценной продовольственной культуры.

Впервые в истории животноводство в степном Заволжье было обеспечено кормами местного производства.

Завершено создание грандиозных хлопковых комплексов и социальной инфраструктуры.

Воплощены в жизнь сложные инженерные решения по оздоровлению сильно засоленных земель Кура-Араксинской низменности в Азербайджане.

Построены уникальные ирригационные комплексы в Крыму и в Степной зоне Украины.

Создан высокоэффективный аграрный комплекс на мелиорируемых землях в Белорусском Полесье.

Развернуты крупномасштабные работы по мелиорации земель и социальному преобразованию села в Нечерноземной зоне России.

Мелиорация стала важным фактором развития сельского хозяйства СССР, играющим существенную роль в повышении устойчивости земледелия и в улучшении социальных условий сельского населения. Этого невозможно было бы добиться, без постоянной и мощной поддержки властных структур в центре и на местах, в республиках, областях, краях. Огромную роль играли энтузиазм, новаторский труд наших инженеров и рабочих, механизаторов, монтажников, строителей, эксплуатационников.

В середине 80-х годов созданные заделы по научному обоснованию, проектным проработкам, мощности производственной базы позволяли сделать еще более решительные шаги, с тем, чтобы окончательно решить проблему обеспечения устойчивости земледелия в стране.

Проектные организации укреплялись высококвалифицированными кадрами, расширялась их производственно-техническая база, широко использовались при проектировании мелиоративных систем и сооружений достижения отечественной и зарубежной науки и техники, передового опыта. Министерством энергетики и электрификации, геологии, связи, сельского хозяйства, Госстрою и другим министерствам и ведомствам было поручено в годовых планах предусматривать выполнение проектно-изыскательских работ для водохозяйственных организаций по представлению Минводхоза СССР.

Всё это позволило резко повысить качество проектирования и строительства водохозяйственных объектов, улучшить их ресурсную обеспеченность.

Бурное развитие мелиорации обеспечивалось возросшими объемами и глубиной научных исследований. После майского Пленума мелиоративная наука стала приоритетной.

Эффективное внедрение мелиорации было связано с развитием ряда фундаментальных направлений, включающих орошение, обводнение, осушение, защиту почв от эрозии, повышение плодородия мелиорированных земель. При выполнении комплексных исследований по мелиорации в России сформировался ряд научных школ.

Под научным руководством Россельхозакадемии в научно-исследовательских институтах были разработаны и внедрены научно обоснованные водосберегающие режимы орошения сельскохозяйственных культур, техника поверхностного и лиманного орошения, новая высокоэкологичная, мобильная дождевальная техника, автоматизированные информационно-советующие системы управления поливами и программированием урожая.

Успешное осуществление планов орошения и осушения земель во многом зависело от комплексной механизации мелиоративных работ, внедрения передовых технологий и новых высокопроизводительных машин для полива сельскохозяйственных культур. В этих целях министерствам строительного, дорожного и коммунального машиностроения, оборонной промышленности, тракторного и сельхозмашиностроения было поручено обеспечить разработку и изготовление новых совершенных мелиоративных, строительных и сельскохозяйственных машин, создать дополнительные мощности по производству мелиоративной, строительной и поливной техники с учетом комплектной поставки ее в соответствии с установленными техническими условиями.

Одной из ярких страниц реализации решений майского пленума явилось преобразование Нечерноземья России. Это центр России, исконно русская земля. В этом регионе, охватывающем 23 области и 6 автономных республик, крупнейшие города страны - Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург, Пермь и другие, насчитывалось более 32 млн. га пахотных земель, 10 тысяч колхозов и совхозов. Однако, несмотря на благоприятные в целом природно-климатические условия, земельные, как, впрочем, и другие, ресурсы региона использовались неэффективно. Территория Северо-западного и Центрального районов сильно пострадала в войну. Запущенность сельхозугодий, бездорожье, отток

сельского населения в города - все это пагубно отражалось на состоянии экономики зоны. За решение задачи преобразования Нечерноземной зоны, как указывалось в правительственных документах, позволили взяться общий подъем народного хозяйства, благоприятная внешнеэкономическая обстановка, завершенность, в основном, освоения целинных земель.

Для обеспечения роста сельскохозяйственного производства в Нечерноземье необходимо было облагородить сельхозугодья и создать хорошие условия для жизни людей. Главными препятствиями были низкий уровень плодородия земель, отсутствие дорог, крайне слабо развитая социальная инфраструктура. Решить все проблемы в комплексе можно было только путем организации широкого мелиоративного строительства. Поэтому комплексная мелиорация земель и стала стержнем общегосударственной программы преобразования сельского хозяйства Нечерноземья.

Одновременно огромное внимание уделялось решению социальных задач, обеспечению роста производительности труда, и разработке мероприятий по экологической защите мелиорированных почв и ландшафтов от деградации.

За реализацию программы взялись всей страной. Преобразование Нечерноземья было объявлено Всесоюзной ударной комсомольской стройкой.

При активной помощи промышленных предприятий из других регионов в короткие сроки была создана производственная база, равной которой по мощности не имело ни одно из строительных министерств, работавших в то время в Нечерноземье. В Ленинградской, Рязанской, Вологодской, Брянской, Ивановской, Свердловской и других областях и республиках построены заводы железобетонных изделий и металлических конструкций, крупнопанельного домостроения, предприятия по ремонту техники и деревообработке, по производству пластмассовых труб для дренажа, орошения, водоснабжения. Для обеспечения мелиоративного и совхозного строительства было развернуто производство блочных насосных станций и котельных, мостовых кранов, вахтовых автомобилей, и целого ряда других средств механизации. В Вологодской и Ленинградской областях было развернуто производство гончарных труб и фильтрующих материалов для дренажа. Скоординированными усилиями конструкторских бюро и машиностроительных заводов были организованы производство и поставка в массовом порядке самой различной современной техники.

На базе подразделений проектных институтов «Ленгипроводхоз» и «Мосгипроводхоз» в большинстве республик и областей зоны были созданы самостоятельные проектно-изыскательские организации, взявшие на себя обеспечение строек необходимой проектно-сметной документацией.

Принципиальное значение имело решение вопросов кадрового обеспечения мелиоративных организаций. Увеличился прием в высшие учебные заведения, открылись новые факультеты по мелиоративным специальностям в вузах Вологды, Ярославля, Йошкар-Олы и других городов. Новые масштабы приняла подготовка специалистов в техникумах и особенно в профессионально-технических училищах, подготовка специалистов не-

посредственно на производстве. В 1980 - 1985 гг. на стройки и предприятия зоны ежегодно приходило уже по несколько тысяч квалифицированных рабочих.

Комплексный подход стал наиболее характерной чертой мелиоративного обустройства Нечерноземья. На завершающем этапе проводилось, хотя и не в полном объеме, окультуривание мелиорируемых земель, обязательными элементами которого были известкование, фосфоритование, внесение органических удобрений. Эффективность этих мероприятий на орошаемых и осушаемых землях была в 1,5 - 2 раза выше, чем на немелиорированных.

Комплексное обустройство мелиорируемых земель включало создание специализированных совхозов с благоустроенными поселками, строительство транспортной сети, в том числе дорог с твердым покрытием. Обеспеченные необходимой материально-технической базой и кадрами, эти хозяйства быстро выходили на высокий уровень сельскохозяйственного производства. Многие из них и сегодня, в новых условиях работают рентабельно.

Одной из конкретных форм всенародного участия в преобразовании Нечерноземной зоны России стала шефская помощь большинства союзных республик, многих краев и областей Российской Федерации в проведении мелиоративных работ, жилищном строительстве, создании производственной базы, прокладке дорог. С инициативой об оказании такой помощи выступили мелиоративные организации Краснодарского края. Инициатива была поддержана в Узбекистане, откуда были направлены в Нечерноземье отряды специалистов, материалы и оборудование для создания и работы трестов: «Узновгородводстрой», «Узвладимирводстрой», «Ивановоирсовхозводстрой». В Псковской области работали ПМК из Белоруссии, в Ярославской - из Киргизии, в Смоленской - Саратовская и Литовская ПМК. В различных областях Нечерноземной зоны трудились строительные подразделения из Туркменистана, Казахстана, Таджикистана, Латвии. Силами коллективов-шефов выполнялось до 11...12 % общего объема работ в Нечерноземье.

Шефы оставили о себе в Нечерноземье добрую память. С их помощью создавались новые хозяйства в Псковской, Новгородской, Ивановской областях, Чувашской республике, базы стройиндустрии в Вологодской, Тверской, Ивановской областях, велось широкое жилищное и социальное строительство. С ними пришли богатый опыт, профессионализм.

Флаги союзных республик и регионов России долгие годы реяли над Нечерноземьем. Людями, приехавшими на работу в Нечерноземье, двигали в основном не материальные соображения, а желание участвовать в большом деле, проявить себя на новом поприще. Большую роль здесь играли чувства братской солидарности и интернационализма. Все эти чувства и устремления не были пустыми словами для поколения 60 -70-х годов прошлого века и эпопея преобразования Нечерноземья дала им возможность проявиться в полной мере, быть может в последний раз за время существования Советского Союза.

Сегодня специалисты из Белоруссии, Киргизии и других республик, посещая места, где в свое время не жалея сил трудились, поднимая сельское

хозяйство Нечерноземья, с горечью видят, как мало осталось от прежней мощи некоторых хозяйств: неработающие мелиоративные системы, пустые животноводческие помещения, низкие объемы сельскохозяйственного производства.

Характерной особенностью комплексной мелиорации Саратовского Заволжья также явилось создание совхозов на мелиорированных землях. Вместе с подачей волжской воды на орошение в области решалась задача обеспечения населения питьевой водой. На высоком уровне была организована эксплуатация и техническое обслуживание оросительных систем и насосных станций. Широко применялась их автоматизация.

В Краснодарском крае основное внимание было уделено созданию совершенных рисовых систем. Построено более 260 тысяч га. От затопления наводнениями было защищено около 600 тысяч га сельхозугодий. Одновременно с ростом ввода в эксплуатацию оросительных систем и водохозяйственных объектов и здесь укрепились эксплуатационная служба.

На Ставрополье орошение развивалось, в основном, на основе большого Ставропольского и Невинномысского каналов. Для этого были построены головные гидроузлы. Ежегодно вводилось в эксплуатацию 14-18 тыс. га орошаемых земель с закрытой сетью. Не менее усиленно решалась и здесь проблема обеспечения питьевой водой сельского и городского населения.

Много внимания уделяли мелиораторы края сельскохозяйственному освоению новых орошаемых земель. Хозяйства на этих землях централизованно обеспечивались высокопроизводительными дождевальными машинами.

В конце восьмидесятых годов с каждого из 400 тысяч поливных гектаров в среднем получали по 65-73 центнера кормовых единиц. Три четверти валового сбора зеленых кормов для животноводства давали орошаемые земли.

Мелиорация земель, особенно орошение, изначально было ориентировано на развитие кормопроизводства. Своего максимума орошаемые площади России достигли к 1995 г. и составили 6,3 млн. га.

Выдвинутый Президентом России Национальный проект развития АПК в современных условиях предусматривает значительный подъем животноводства, которое потребует большого увеличения производства кормов, выращивание которых в засушливых условиях невозможно без опережающего развития орошения. Для реализации этого проекта необходима разработка новой программы развития мелиоративного комплекса России. Поручение Президента уже дано.

Необходимо использовать этот шанс и во имя достижения целей национального проекта принять, пока еще не поздно, государственные меры по сохранению плодородия земли и приданию сельскому хозяйству устойчивости. Опыт и уроки реализации принятой 40 лет назад Долговременной программы мелиорации земель дают исчерпывающий ответ на вопрос: что делать.

УДК 631.6

НАУКА И ШИРОКОМАСШТАБНОЕ РАЗВИТИЕ МЕЛИОРАЦИИ В СТРАНЕ

Б.М. Кизяев

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Принятая 40 лет назад программа широкомасштабного развития мелиорации, как основы интенсификации сельского хозяйства страны определила главные направления развития мелиоративной науки.

Бурное развитие мелиорации обеспечивалось возросшими объемами, шириной и глубиной научных исследований.

После Майского Пленума рекомендации научных исследований в реализации программы стали приоритетными.

К этому времени в стране существовали такие крупные институты как ВНИИГиМ, САНИИРИ, ВолжНИИГиМ, ДальНИИГиМ, НИИ гидротехники и мелиорации практически во всех республиках и огромная сеть территориальных опытных станций и опорных пунктов. После создания Минводхоза СССР в 1966 г. были организованы новые специализированные научные центры: ВНИИМиТП (НПО «Радуга», ныне Всероссийский НИИ систем орошения и сельскохозяйственного водоснабжения «Радуга»), ВНИИССВ (НПО «Прогресс», ныне НИИ по сельскохозяйственному использованию сточных вод «Прогресс»), ПО «Совинтервод», НПО «Союзавтоматика» и др. В системе ВНИИГиМ было создано четыре филиала: Смоленский, Западно-Сибирский, Мещерский и Таджикский, а также Волгоградский комплексный отдел по проблемам мелиорации в Поволжье. Была укреплена база республиканских и региональных институтов путем передачи в их ведение части существующих организаций, новых опытных станций. Созданы крупные производства новой техники во ВНИИГиМ, СевНИИГиМ, ВНИИМиТ и других институтах.

К 1970 году сеть объединяла более 20 научных и производственных организаций по дальнейшему развитию научных основ мелиорации и совершенствованию мелиоративного строительства. Статус головного и координационного центра был закреплен за ВНИИГиМ.

С 1966 г. начинается новый период в развитии мелиорации земель в СССР, когда от обустройства отдельных, хотя и крупных массивов, наметился переход к комплексной мелиорации земель целых регионов: Северного Кавказа, Поволжья, Нечерноземной зоны России, Средней Азии и юга Украины. Размах мелиоративного строительства требовал усиления его научного обеспечения.

В связи с постепенным сокращением возможности развития орошения на землях, расположенных в непосредственной близости к водным источникам, все чаще приходилось сталкиваться с необходимостью строительства плотин, созданием крупных водохранилищ для аккумуляции воды, строительства каналов большой протяженности, развитых гидромелиоративных систем.

Решение этих задач с каждым годом в техническом отношении становилось все более сложным, требовало коренного сдвига в научно-техническом прогрессе.

Различие природно-климатических условий диктовало разнообразие применяемых способов орошения, конструкций оросительных систем, оросительной сети и поливной техники.

Создание экологически ориентированных ГМС на основе прогрессивных способов орошения (дождевание, капельное орошение, мелкодисперсное и микродождевание, внутрпочвенное орошение) позволило совершенствовать технологии: поверхностного орошения (дискретный, импульсный и др. поливы); дождевальной техники на основе параметрических рядов и ее применения за счет многофункционального использования (внесение агрохимикатов с поливной водой, опрыскиванием и опыливанием); систем капельного орошения за счет снижения энерго- и материалоемкости и требований к качеству очистки воды. Кроме того, это позволило использовать для систем мелкодисперсного дождевания серийную дождевальную технику и разработать технические средства внутрпочвенного орошения на основе модификации систем капельного орошения, а также оптимизировать схемы внутрхозяйственных оросительных систем при различных видах поливной техники в условиях различных форм собственности. Результатом разработки являются технические решения по модульным средствам ГМС для зон незначительного, недостаточного, неустойчивого увлажнения в условиях различных агроландшафтов, включающие новые конструкции сооружений на гидромелиоративной сети, поливной техники, устройств для деминерализации и очистки дренажно-сбросных вод, оборудования для улучшения качества поливной воды и внесения с ней агрохимикатов, а также средств контроля и управления.

В настоящее время на долю дождевания приходится до 90% орошаемых земель, 8% - поверхностное орошение, 2% - остальные способы орошения.

Многолетние исследования по совершенствованию осушительной мелиорации позволили разработать нормативы для перехода от открытых дренажных каналов к закрытому дренажу из керамических и пластмассовых труб с фильтрами из искусственных материалов (стеклоткань, полиэтиленовый холст и др.) с широким применением агромелиоративных мероприятий (глубокое рыхление почвы, кротование и др.). Разработаны конструкции горизонтального и вертикального дренажа для осушения болот, пойм и переувлажненных минеральных почв, созданы новые конструкции осушительно-увлажнительных систем и определены режимы дополнительного увлажнения сельскохозяйственных культур, районирование Нечерноземной зоны по типам водного питания.

Были разработаны технологии и комплексы машин по освоению осушаемых земель и выполнения культуртехнических мероприятий по сводке мелко-кустарниковой растительности и измельчения ее на щепу для промышленного и сельскохозяйственного применения, глубокому рыхлению и выравниванию земель, разделке тяжелых и закороченных почв, удалению камней и корневых остатков и др. работ.

Разработаны технологии и конструкции закрытого дренажа для различных типов грунтов: траншейного, узкотраншейного и бестраншейного способов. Созданы экскаваторы-дреноукладчики и механизмы для комплексной механизации технологических процессов (рис. 1).



Рисунок 1 - Укладка дрены с фильтром из нетканого материала

Наиболее сложной проблемой в развитии мелиорации долгое время оставалась борьба с вторичным засолением орошаемых земель. Рекомендованные системы мероприятий по профилактике засоления почвы при эксплуатации оросительных систем и использованию поливных земель (борьба с фильтрацией воды из каналов, потерями воды при поливе и пр.), технологии мелиорации склонов к засолению почв (промывки, дренажи – горизонтальный, вертикальный, комбинированный) позволили постепенно снизить ее остроту.

В 60-70-е годы сформировались новые научные направления - мелиоративная гидрология, мелиоративная гидрогеология и другие, которые внесли немалый вклад в теорию и практику противосолевой мелиорации и освоения солонцов в Средней Азии, Закавказье, Сибири и Заволжья. Широкое практическое применение нашли принципы моделирования фильтрационных потоков и гидродинамические расчеты с прогнозированием водного режима территорий после строительства систем и сооружений с применением метода ЭГДА.

Научно-исследовательскими институтами и опытно-конструкторскими организациями Минводхоза СССР, Минсельхоза СССР, Минстройдормаша и Минсельхозмаша разработаны прогрессивные «Системы машин для комплексной механизации мелиоративных работ на периоды 1961-1995 гг.» (по пятилеткам) обеспечивающие на 93% механизацию работ в мелиорации и являющиеся основным нормативным документом по созданию, производству и внедрению техники в мелиоративной отрасли.

Система машин только последнего периода насчитывала 740 наименований специальной мелиоративной техники, при этом 686 наименований машин и оборудования выпускалось серийно отечественной промышленностью (рис.2).



Рисунок 2 - Динамика развития Систем машин

В отрасли были созданы самые благоприятные условия для успешной реализации результатов научных разработок. Большую роль в этом сыграли планы внедрения новых технологических процессов и технических средств для строительства и эксплуатации мелиоративных систем, объединивших усилия ученых, проектировщиков и производителей для скорейшего внедрения прогрессивных решений.

Процесс строительства гидромелиоративных сооружений шел быстрыми темпами. Усовершенствованные конструкции, методы проектирования и строительства гидротехнических сооружений использовались при создании Краснодарского, Андижанского, Токтогульского водохранилищ, Саратовского и Каршинского каналов, Байпазинского гидроузла и других объектов водохозяйственного строительства. Технологии строительства и эксплуатации мелиоративных сооружений с использованием средств гидромеханизации успешно внедрялись при регулировании и перекрытии русел Волги, Днепра и других рек, строительства земляных плотин крупных водохранилищ – Копетдагского, Зеидского и других.

Созданы и успешно внедрялись эффективные противофильтрационные облицовки, в том числе из новых полиэтиленовых материалов, на оросительных системах Украины, Поволжья, Ставрополя и других регионов. Предложены способы механизации мелиоративных работ на основе внедрения прогрессивных технологических процессов строительства дренажа бестраншейным способом, освоения земель с применением новых

планировщиков, корчевателей, кусторезов и другой высокопроизводительной техники.

В практике мелиоративных преобразований приходится сталкиваться с такими последствиями, как подъем уровня грунтовых вод, засоление и заболачивание орошаемых и прилегающих территорий, такими явлениями, как ирригационная эрозия и выдувание почв на осушенных землях, как обмеление рек, а при строительстве водохранилищ – образование мелководий, размыв берегов, заиление, заболачивание и подтопление.

Единственно правильный путь – это комплексный подход к решению мелиоративных проблем. Ни одно из мероприятий не должно проектироваться и осуществляться без учета совокупности вовлеченных факторов. В основу фундаментальных исследований ближайшего десятилетия целесообразно заложить разработку гипотезы эволюции мелиорированных агроландшафтов и их адаптации к условиям интенсивных антропогенных нагрузок. Необходимо вскрыть закономерности процессов трансформации материально-энергетического обмена во всем комплексе агробиоценоза, определить направления и, что особенно важно, скорости протекания процессов саморегуляции и самоочищения природных объектов. И на основе этой гипотезы подойти к научному обоснованию управления комплексной мелиорацией природного объекта в условиях динамического равновесия агроландшафтов, определить новую стратегию использования водных ресурсов, совершенствования технологических процессов и комплексов технических средств для мелиоративного обустройства, концепцию развития водных мелиораций в России и их гидротехнического обеспечения.

Среди приоритетных прикладных исследований предусматривается разработка новых технологий и технических средств мелиорации земель, реализуемых на основе модульных технических средств многоцелевого использования, для восстановления существующих и создания принципиально новых гидромелиоративных систем с учетом современных экономических отношений и ресурсного обеспечения, комплексных режимов управления агробиоценозами, многоцелевого использования систем охраны окружающей среды, различных форм хозяйствования и различных типов агроландшафтов.

Предстоит создать технологические процессы и комплекс технических средств нового поколения, обеспечивающие повышение темпов технического обновления и модернизации мелиоративных систем, рост производительности труда.

Комплексное решение проблем мелиорации на ближайшую перспективу предложено в «Концепции мелиорации сельскохозяйственных земель России». Она одобрена Президиумом Россельхозакадемии и коллегией Министерства сельского хозяйства РФ.

В заключение следовало бы отметить, что в этой статье отмечены результаты небольшой части научных разработок, выполненных большим коллективом научных сотрудников мелиоративной, сельскохозяйственной и машиностроительной отраслей по научному обеспечению широкомасштабных работ по мелиорации сельскохозяйственных земель.

Государство и Правительство высоко оценивали труд ученых-мелиораторов. За этот период научные разработки только с участием ученых ВНИИГиМ были удостоены 5 Государственными премиями в области науки, 7 премиями Совета Министров СССР и Правительства Российской Федерации, многие ученые награждены орденами и медалями, являлись Лауреатами выставок ВДНХ и ВВЦ.

УДК 631.6

НАС ПОЗВАЛ МАЙ 1966-го

Г.С. Урванцев

Газета «Российская земля», Москва, Россия

В тот далекий 1965 год я работал в Госкомитете по профтехобразованию, годом раньше переведенный из Ташкента в Москву.

В один из мартовских дней, придя с работы, я включил радиоприемник - шла трансляция выступления генерального секретаря Л.И. Брежнева на состоявшемся в марте того года, пленуме ЦК КПСС, под названием «О неотложных мерах в сельском хозяйстве». Я слушал нового вождя, вспоминал студенческую целинную эпопею и импровизированную сцену из двух грузовиков с опущенными бортами, на которой десять лет тому назад, под Кустанаем, видел этого человека и слышал его зажигательную речь. В этот раз голос Брежнева был спокойным, рассудительным и каким-то назидательным. Иногда казалось, как говорят, что он бил не в бровь, а в глаз. Говорил о вреде хрущевского субъективизма, о вреде необоснованных перестроек в сельском хозяйстве.

Новый лидер заявил об увеличении закупочных цен на зерно по некоторым регионам в два раза. Это было донельзя своевременным - своими глазами видел, в какой нищете находились колхозники Сибири, Урала, Нечерноземья. Он говорил об уменьшении заданий по закупкам зерна. Все это означало, что в хозяйствах останется хоть какая-то часть урожая, а за свезенное в «закрома Родины» зерно колхозники хоть что-то теперь получают. Звучали слова и о «рентабельности», «хозрасчете», хотя на практике, как до того, так и до другого будет дистанция огромного размера. Как и Хрущев, Брежнев был заложником непререкаемого постулата о том, что «наше сельское хозяйство базировалось на самой передовой общественной системе». Только вот в этой самой передовой системе крестьянин почему-то не хотел работать, находился в нищете, а сельская молодежь бежала в города. Но об этих вещах новый генсек тогда не сказал ни слова.

По зову сердца

Подгоняемое неустроенностью московского быта, было принято окончательное решение: возвращаюсь в Ташкент. Я тогда не мог знать, что через год состоится другое событие, другой партийный пленум, ставший

историческим для мелиораторов страны, и мое возвращение в Среднюю Азию, приобретет новый смысл и новые жизненные устремления.

...Ташкент встретил буйным половодьем всего, что может зеленеть цвести, источать благоухание. Это была самая лучшая пора года, когда еще не было зноя, были прохладные ночи, воздух чист и прозрачен, а листья деревьев и кустарников омыты последним майским дождем.

На следующий день я встретился со своим первым жизненным наставником, Петром Михайловичем Тверитиным, который к этому времени работал начальником управления кадров, в так называемом, «большом главке» под названием Главсредазирсовхозстрой.

Главк осуществлял строительство магистральных каналов и водохранилищ, ирригационных систем, новых совхозов «под ключ», жилых домов и дорог, объектов социальной сферы в необжитых районах среднеазиатских пустынь и степей. Это было беспрецедентное для мировой практики освоение пустынных земель, масштабы которого возрастут еще более через год, когда в мае 1966 года состоится, уже упомянутый, специальный пленум ЦК КПСС, посвященный принятию Программы широкого развития мелиорации в стране.

В тот же день мне вручили приказ о назначении - на должность главного механика Иржарского завода железобетонных изделий, что в самом центре новой зоны Голодной степи. Там завершалось строительство 17-го по счету совхоза, и пуск завода нужен был как воздух. В сущности, завод только строился, и его предстояло пустить в эксплуатацию.

Начались каждодневные дела и заботы: заменить шланги гидросистемы экскаватора Э-153, пустить станок резки арматуры, пригнать новый автопогрузчик, согласовать в институте измененную схему расстановки машин для изготовления арматурной сетки и многое другое.

Вряд ли я тогда осознавал, что вступаю в новый, самый продолжительный и наполненный всевозможными перипетиями период своей жизни, который займет тридцать лет. Он будет посвящен, не считите за пафос, «ее величеству» мелиорации, одной из самых древних профессий на земле, прародительнице многих цивилизаций. Отрасли, которая своими взлетами и падениями на протяжении веков и тысячелетий всегда будет зависеть не столько от капризов природы, сколько от произвола властителей, но никогда не будет забыта людьми, поскольку изначально и при разумном ведении работ несет желанное ими улучшение и возрождение земли, оправдывая свое название. Май 1966-го станет отправной точкой взлета «богини» плодородия.

Создание отечественного полномасштабного водохозяйственного и мелиоративного освоения новых земель справедливо будет связано с именем крупного хозяйственника и партийного деятеля Евгения Евгеньевича Алексеевского, первого министра мелиорации и водного хозяйства СССР, столетие которого мелиораторы России и других стран Содружества в этом году отметили. Он первым обратил внимание на необходимость широкомасштабных оросительных работ в Средней Азии, Поволжье, юге Украины.

Далекое, близкое

Память человеческая избирательна. Порой вспомнятся далекие молодые годы, особенно в дни, когда случайно встретишь того, с кем довелось дышать пыльным раскаленным воздухом. Что уж говорить, когда на Международную конференцию, посвященную сорокалетию начала широкомасштабных мелиоративных работ на просторах великой страны, в Московский государственный университет природообустройства прибыли десятки убеленных сединами ветеранов, тех, которые восхищали мир грандиозным размахом своих работ по преобразованию пустынь.

Ныне возрожденную Голодную степь в Узбекистане называют Гулистаном, в переводе - Цветущий сад. А ведь еще несколько десятилетий тому назад гигантский треугольник, зажатый отрогами Туркестанского хребта, занимающий площадь в миллион гектаров, представлял безжизненное пространство. Теперь там живут миллионы людей.

Помню день, когда я впервые ехал по так называемой новой зоне Голодной степи. Сразу за поселком Сырдарьинский взору представилась голая, безжизненная равнина без единого зеленого кустика. В некоторых местах земля была словно припорошена снегом - это была соль. Там, где степь была «посолена», ничего не могло расти, более того, там даже не могла пройти машина. Степь напоминала плоское гигантское блюдо, в котором соленые воды поднимались к поверхности, испарялись и создавали безжизненные солончаки. Природа преподнесла парадоксальную ситуацию: такую землю нужно было промывать огромным объемом пресной воды и одновременно понижать уровень грунтовых вод сложными дренажными системами и скважинами вертикального дренажа.

Здесь я услышал легенду о богатыре Фархаде, по желанию возлюбленной Ширин сдвинувшего скалы и открывшего путь воде. Подлинный же подвиг совершили, вряд ли кто это будет оспаривать, в те годы россияне. Перекрыв Сырдарью плотиной у Фархадских скал, они направили ее воды по рукотворным рекам в центр безжизненного треугольника.

... Асфальтовая лента дороги увлекает в центр Голодной степи и вот уже на горизонте, словно мираж, появился город, его название - Янги-Ер, что в переводе означает Новая Земля. Тогда в родословной города было буквально несколько лет. Но здесь уже были благоустроенные со всеми удобствами жилые дома, школы, магазины, кинотеатры, детские учреждения.

Вдоль арыков тянулись ввысь молодые серебристые тополя. Город в степи создали молодые мужчины и женщины, прибывшие в эти края со всех уголков страны. Тысячи и тысячи их прибывали с семьями и в одиночку в необжитые, знойные степи и создавали крупные культурные оазисы.

В Янги-Ере находился штаб стройки - Голодностепстрой, который возглавлял тогда известный гидротехник И.Н. Низамов, а главным инженером был В.А. Духовный. Прошли десятилетия и сегодня Виктор Абрамович Духовный на переднем крае борьбы за обводнение обделенного водой

среднеазиатского региона, возглавляя Научно-исследовательский центр Межгосударственной водохозяйственной комиссии стран Центральной Азии.

По субботам многие освоители степи выезжали в Ташкент поездом, курсирующим между Ташкентом и Хавастом. Поезд состоял из 3 вагонов. Мы его в шутку прозвали «суперэкспрессом» за поразительное упорство останавливаться около каждого столба, но в том было немалое преимущество. Случалось видеть, как разложив «синьку» на коленях, не находя времени для встреч в конторах, представители заказчика и подрядчика выясняют свои перманентные спорные вопросы.

Часто мне приходилось самому за рулем самосвала ЗИЛ-555 совершать поездки не только в Ташкент, но и далее, до казахского города Чимкент. Там находился проектный институт, который запроектировал наш завод. Много в проекте приходилось менять, в основном в размещении оборудования двух арматурных цехов. Но каждую перестановку того или иного станка приходилось согласовывать с проектировщиками. Мы злились, доказывали, что так лучше, что мы заказчики и наше слово закон, но генподрядчик, а также и дирекция строящихся предприятий были неумолимы, и требовали согласования с проектантами.

Пролетали периоды голодностепского года: восхитительная весна со скромной, быстро исчезающей степной растительностью, пыльное лето с палящим солнцем, сухая с ветрами прохладная осень и практически бесснежная, порой с сибирским морозцем зима. Но вскоре степь вновь радовалась желанному и короткому весеннему пробуждению.

Спустя год, я получил телеграмму от Тверитина с просьбой прибыть в Главк. В тот же день выехал в Ташкент. В организации голодностепского освоения была строгая дисциплина, все предписания выполнялись беспрекословно.

- Геннадий, мы все-таки тебя определяем в новый Голодностепский коммунально-строительный техникум на должность первого заместителя директора. Ты сам знаешь, какое аховое положение с кадрами в новых осваиваемых районах и этому вопросу придается огромное значение.

О том, что в 5-м отделении совхоза «Фархад» на базе типовой школы-интерната с корпусами общежитий начал работу этот техникум, я уже был наслышан.

- А кто же там директор? - Интересуюсь я. Тверитин смеется:
- Твой хорошо знакомый, Каримов.
- Тот самый Хаит, который работал в Ташкентском индустриальном техникуме и у которого я был на занятиях?
- Он самый.
- Так я же тогда его раскритиковал, помнишь?
- Думаю, что он об этом уже забыл, к тому же критиковал ты его за дело. Кстати, он сам давно тебя ждет. При каждой встрече спрашивает: где же наш москвич?

Я понимал, что мне придется вести всю учебно-производственную работу, но отказываться не было смысла, тем более что о моей кандидатуре Тверитин доложил уже самому Саркисову - начальнику «Большого главка».

Вечером того же дня, проинструктированный Тверитиным, я был принят Акопом Абрамовичем Саркисовым. Хочется сказать хотя бы несколько слов об этом поистине легендарном человеке. Он был выдающимся руководителем самой крупной тогда в стране водохозяйственной строительной организации. Его железная воля, необыкновенный оптимизм, потрясающая работоспособность поражали всех. Уже только сама весть о приезде Саркисова на тот или иной объект словно электризовала коллектив, заставляла навести порядок, устранить недостатки в работе. Чем-то он напоминал мэра столицы Лужкова.

На вопрос Саркисова, как вы собираетесь организовать и расширить подготовку специалистов среднего звена, я ответил согласованным с Тверитиным предложением о создании в Голодной степи нескольких филиалов техникума. В частности, в совхозе «Пахтакор», где уже имеется пока незагруженная учебно-производственная база типовой школы.

Забегая вперед, скажу, что уже в течение первого года мы создадим три филиала техникума, а непосредственно при техникуме начнет функционировать учебно-курсовой комбинат, готовящий бетонщиков, арматурщиков, сварщиков. Будет организовано заочное отделение техникума. И численность всего контингента обучающихся превысит тысячу человек. На дневном же отделении, лимитированном вместимостью общежитий, будет учиться на пяти отделениях более 400 студентов.

О том, какое значение придавалось тогда подготовке кадров, говорит хотя бы такой факт - Каримов и я считались номенклатурными работниками Минводхоза СССР. Приказ о нашем утверждении, подписанный тогдашним первым заместителем министра мелиорации и водного хозяйства СССР Константином Шубладзе, ставил нас в один ряд с руководителями главка и трестов.

Сегодня с дистанции десятилетий вновь кажется невероятным, как тогда удалось организовать по сути дела на пустом месте, в пустых классах и лабораториях полнокровный учебный процесс. Ох уж это «если бы молодость умела, если бы старость могла». Нужны были учебники на русском и узбекском языках, нужны были наглядные пособия, нужна была учебная техника, лабораторное оснащение. Но главное нужны были квалифицированные преподаватели. Желających ехать в знойную степь было мало, а ставки были практически те же, что и в городе. Слабым утешением были только три оклада голодностепских подъемных.

Для решения проблемы комплектования учебных групп, привлечения преподавателей, мне неоднократно приходилось выступать по республиканскому радио и телевидению.

Мой рабочий день начинался в 7 утра, а заканчивался в 11 вечера с отбоем. Каждое утро в спортивном зале, выполняющем функции и актового, до начала занятий я проводил общую линейку, на которой

зачитывались приказы и другие важные сообщения, старосты докладывали об отсутствующих. Это дисциплинировало студентов, позволяло формировать более непринужденные отношения учащихся с преподавателями, поскольку они так же присутствовали на таких построениях. Многие из них навсегда остались в памяти - это преподаватель русского языка и литературы - Людмила Гриднева, математики - Татьяна Ахмедшина, английского языка и черчения - болгарин Слави Колев, истории - Умар Юнусов, курса ПГС - Юрий Петухов, курса электротехники - Иван Михайличенко, озеленители - супруги Забегаевы и другие. Поразительна уже сама география мест, откуда прибыли поименованные преподаватели: Ташкент, Чимкент, Рига, Ленинград, Москва, Пловдив. В этом примере, как в капле воды отразилась непререкаемая истина того времени, что дикие степи осваивала тогда вся страна. Сохранилась в старых записных книжках документальная цифра, записанная на каком-то совещании: только один Голодностепстрой за год осваивал до 250 млн. рублей, тех рублей (!), которые приравнивались тогда к 60 американских центам.

Мелиораторы строили, выращивали и убирали

Система мелиорации и водного хозяйства уже тогда была словно государство в государстве: сами разрабатывали программы, сами проектировали, сами строили, сами принимали объекты, сами эксплуатировали, сами готовили для себя кадры. Мы были в конце этой цепочки. Достаточно сказать, что все построенные совхозы, уже выращивающие хлопок были на балансе Минводхоза. С этой целью будет создано специальное подразделение - «Управление освоения Голодной степи».

Хлопкоуборочные работы продолжались до конца октября. Вечерами по телевидению главным сообщением были сводки об уборке хлопка: заготовлено за день - столько-то процентов от плана, с начала уборки столько-то. Сообщения шли в разрезе областей, где пальму первенства держали южные области. Все мы в это время размещались в построенных рядом с хлопковыми полями бараках, здесь же готовилась пища. За работы студенты ничего не получали, кроме стипендии и бесплатного питания от колхоза, однако выказывать недовольство или роптать по такому поводу никому не приходило и в голову. Сбор «белого золота» считался национальной обязанностью каждого проживающего под узбекским солнцем. В дни сбора закрывались не только учебные заведения, но и многие организации и даже предприятия. По телевидению часто показывали с фартуками собирающих хлопок членов правительства и даже самого Шарафа Рашидова. На автомагистралях автомобилям и тракторам с тележками, нагруженными хлопком, работники ГАИ открывали зеленый свет, все остальные должны были ждать.

Моя голодностепская одиссея закончится вполне логично - первым выпуском техников-строителей и техников коммунальных служб, которых с нетерпением ждали стройки и эксплуатационные службы созданных в степи городов и поселков. С августа 1969 года я начну работать в ташкентской

проектно-технологической организации под названием «Узоргтехводстрой», где мне будет поручена работа по информации, пропаганде и издательству.

Будут частые выступления в центральных республиканских изданиях, серия телевизионных передач о водохозяйственных и ирригационных объектах восьмой пятилетки, охватывающей 1966-1970 годы.

Но об одной, опять таки интернациональной стройке, на которой доведется побывать много раз, нельзя не рассказать.

Жемчужина долины

Чем глубже ученые и проектанты Москвы и Ташкента вникали в идею перекрытия ущелья Кампыр-Рават (в переводе Злая старуха), тем больше серьезных преград на пути осуществления проекта обнаруживали. Чтобы запереть реку Карадарья требовалось создать уникальную высотную плотину, да еще в зоне сейсмических колебаний. Некоторые специалисты считали вообще невозможным ее сооружение. Но слишком соблазнительной казалась идея использовать под водохранилище приготовленную природой, словно по заказу, огромную чашу в расщелине гор, откуда накопленную воду можно будет самотеком направить на поля и плантации Ферганской долины, изнывающей от маловодья.

Проектанты были довольны: лучшего места для плотины, чем ущелье «Злая старуха» трудно представить. На сравнительно небольшом пространстве створа тогда работало несколько тысяч строителей. К намеченному створу Карадарья уже успела впитать в себя горные потоки Тар и Каракульджа, а за Кампыр-Раватом вырывалась на простор долины, где через 155 километров встречалась с Нарыном, соединившись с которым становилась всем известной крупнейшей рекой Центральной Азии – Сырдарьей.

А вот у строителей восторгов было меньше: мало того, что их детищу предписывалось надежно выдержать 10-бальное землетрясение, следовало обеспечить фронт работ для тысяч людей и десятков механизмов на неудобном, тесном участке, но технические требования не допускали и ничтожной трещины в скальном основании плотины. О взрывном способе выработки скальных пород до проектной отметки нечего было и думать, даже мелкошпуровые взрывы решили проводить с таким расчетом, чтобы оставалось еще не менее полутора метров до ложа плотины. В проекте была заложена выработка с использованием отбойных молотков, но, сколько времени уйдет на выборку полмиллиона кубов скальных пород? Непостижимо трудоемкая работа. Помню, как специалисты нашего треста помогали рационализаторам Андижангидростроя создавать специальную баровую скалорезную машину.

Надо было видеть, с какой тщательностью готовилось ложе будущей плотины, ведь мировая практика не имела прецедента сооружения гигантской бетонной плотины в сейсмоопасном районе и в трудных геологических условиях. Геофизики буквально «вылизывали» каждый квадратный метр, требовали бурить скважины и нагнетать в них цементный раствор. Скважины бурили зонами, а затем проводили гидравлическое опробование под большим давлением, затем только шла цементация до полного поглощения раствора.

Но вот позади все подготовительные работы и в 1970 году началась укладка бетона в тело плотины, а спустя 5 лет стремительная Карадарья была перекрыта. В том 1975 году русские, украинцы, узбеки, казахи, люди других национальностей великой страны посвятили окончание беспрецедентного сооружения в горах тридцатой годовщине Великой Победы советского народа.

Мощная бетонная дуга более чем километровой длины по гребню и высотой в 115 метров, разделенная на 33 секции, усиленная контрфорсами величественно вписалась в расщелине гор. Через отверстия в центральных отсеках по направляющим водоводам потоки воды хлынули на лопасти турбин гидроэлектростанции.

Уникальная стройка стала своеобразным университетом мастерства для многих специалистов и рабочих, она обогатила мировой опыт гидротехнического строительства.

По удивительному совпадению, ровно десять лет спустя в 1976 году в Ташкенте состоится первая Афро-Азиатская конференция Международной комиссии по ирригации и дренажу. Участники этого международного форума изъявляют желание увидеть залитую светом гидростанцию, красавицу-плотину и голубое рукотворное море на фоне снежных вершин.

Довелось тогда выехать с одной из групп участников Конференции на Андижанское водохранилище. Смотрел на изумрудную гладь воды с верхнего бьефа и вспоминал, как там, под толщей воды наблюдал когда-то работу барового скалореза, как фрезы вгрызались в сланцы и габру, снимая слой скальных пород. А далеко внизу отработанная вода, отдавшая свою энергию турбинам, успокаивала свои буруны и текла к плодородным полям, наполняя их щедрыми урожаями и самой жизнью для миллионов наших бывших соотечественников, а ныне добрых соседей древней земли.

УДК 631.6

МАЙСКИЙ ПЛЕНУМ 1966 г. И НАША СНГ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОСТЬ – "КАМО ГРЯДЕШИ?"

В.А. Духовный

НИЦ МКВК стран Центральной Азии, Ташкент, Республика Узбекистан

Для нас – свидетелей и участников огромного процесса, вызванного в стране решением Майского 1966 г. Пленума ЦК КПСС – данное событие больше, чем памятная дата. Оборачиваясь на прошлое, мы можем с гордостью посмотреть на себя в зеркала на наши морщинистые лица, но по-прежнему горящие глаза, и сказать: "Мы были участниками великой программы, которая стала паровозом прогресса не только в аграрном секторе страны, но и в связанной с ней промышленности".

Особенности социалистического строя состояли именно в возможности ставить и осуществлять мощные комплексные программы. Огромное значение водного хозяйства как регионального генератора развития и градообразующего фактора в бывшем Советском Союзе нашло подтверждение в Волжском

каскаде ГЭС, Братском гидротехническом комплексе (1950 ... 1975 гг.), которые явились побудителями создания крупнейших селитебных и промышленных агломераций, превративших эти регионы в центры машиностроения, металлургии, химической индустрии и огромных новых городов. В Центральной Азии каждая новая гидроэлектростанция или их каскад порождали центры промышленного развития: каскад Чирчикских ГЭС породил город Чирчик с огромными химическими и машинно-энергетическими предприятиями, Кайракумская ГЭС – города Кайракум и Чкаловск с ковровым, урановым, строительными комбинатами; Фархадская ГЭС – город Беговат с металлургическим, цементным и, опять таки, строительным производством. Комплексное строительство и освоение орошаемых земель Голодной, Каршинской, Джизакской, Кызылкумской и других степей превратило сотни тысяч гектар пустынных массивов в густонаселенный комплекс с десятками городов, сотнями сельских поселков, развитой инфраструктурой и промышленностью.

Майский Пленум провозгласил комплексную программу не просто мелиорации земель, а коренного социального и экономического преобразования всего агропромышленного сектора огромной в то время страны. Эта программа поражает и своей всесторонностью, и масштабами, и размахом, и достижениями. Её результаты хорошо видны из приведенной таблицы 1.

Таблица 1- Рост орошаемых земель и производства в бывшем Советском Союзе

| | 1965 г. | 1970 г. | 1975 г. | 1980 г. | 1985 г. | 1990 г. |
|-------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Орошаемые земли, тыс. га | 9845 | 10852 | 14239 | 17223 | 19654 | 21130 |
| Производство сельхозпродукции млрд. долл. в год | 11,61 | 16,25 | 21,4 | 24,1 | 26,8 | |
| Урожай: | | | | | | |
| Зерновые, т/га | 19,2 | 2,53 | 3,15 | 3,29 | 3,2 | |
| Хлопок, т/га | 2,4 | 2,73 | 2,93 | 2,81 | 2,9 | |
| Рис, т/га | 3,3 | 3,86 | 3,93 | 3,9 | 4,1 | |
| Кукуруза, т/га | 2,7 | 3,64 | 4,78 | 4,54 | 5,1 | |
| Ежегодные инвестиции, млрд. долл. | 4,612 | 8,864 | 13972 | 15514 | 17936 | |

Но обратите внимание насколько крупномасштабными мерами это достигалось – увеличением производства удобрений с 28 кг туков на 1 га в 1965 г. до 88 кг в 1990 г., количество тракторов выросло в 2 раза. А результат – СССР по уровню производства продуктов питания на душу населения занял 7 место в мире, опередив и Германию и Великобританию.

Наше поколение, выросшее в эпоху огромного роста водного хозяйства в целом в мире и в странах социалистического лагеря, мои коллеги, принимавшие участие в этом динамичном процессе и гордившиеся его

результатами, ныне явились свидетелями очень сложных процессов в нашей некогда мощной отрасли.

С началом "антимелиоративной" и "антиводной" компаний, развернутых под чутким руководством недалекого Горбачева М.С., это стремительное развитие замедлилось и затем приостановилось. "Мы, руководство страны, проглядели, – как заявил в неофициальном выступлении бывший руководитель правительства Н.И. Рыжков, – что те, кто замахнулись на водное хозяйство, практически замыслили разрушить страну". Последствием этого явилось сначала остановка всего водного водохозяйственного и мелиоративного строительства, а затем постепенное его разрушение. Практически вышли из орошения почти все земли, оснащенные крупногабаритными дождевальными машинами ("Кубань", "Фрегат"). Это относится к 1 млн. га земель в Северном и Центральном Казахстане, к 1 млн. га на Украине и такому же количеству в России. В результате производство на орошаемых землях сельскохозяйственной продукции упало на 40 %, валовое производство зерна тоже упало к 1995 г. в таком же объеме, но затем несколько поднялось к 2004 г. (рис. 1). Но такое явление характерно не только для стран СНГ, но и для Восточной Европы (табл. 2). Кроме Туркменистана и Узбекистана все страны этой постсоциалистической зоны претерпели резкий спад площадей орошаемых земель.

Таблица 2 - Ситуация с орошаемыми землями в странах СНГ и Восточной Европы, тыс. га

| | 1990 | 2004 | <i>Фактически орошаемые</i> |
|--------------|-------------|-------------|------------------------------------|
| Россия | 5799 | 3506 | 2600 |
| Украина | 2455 | 1100 | 700 |
| Узбекистан | 3908 | 4230 | 3960 |
| Казахстан | 2160 | 1290 | 1060 |
| Туркменистан | 1240 | 1760 | 1700 |
| Болгария | 1250 | 40,0 | |
| Чехия | 133 | 10,0 | |
| Германия | 500 | 200,0 | |
| Венгрия | 300 | 100,0 | |
| Польша | 301,5 | 83,3 | |
| Румыния | 3205 | 850 | 500 |

Текущее производство продукции на орошаемых землях составляет 7,6 млрд. долл. США, по территории бывшего Советского Союза - в 3,5 раза меньше!!!

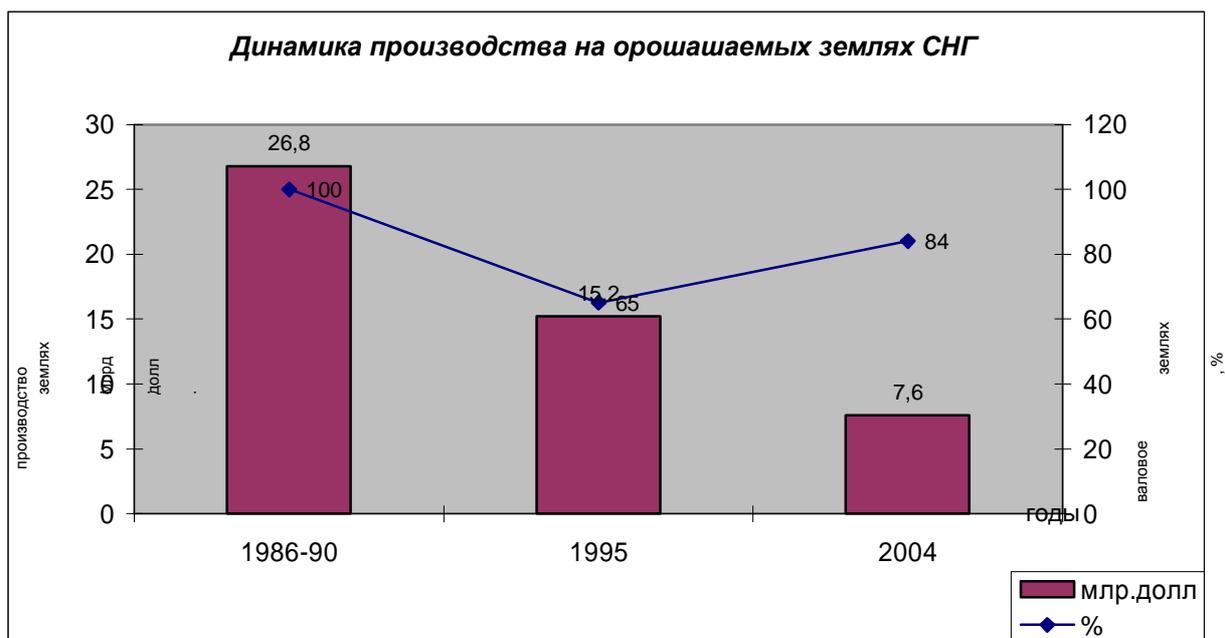


Рисунок 1 - Динамика производства продукции на орошаемых землях СНГ

Однако, утрата прежнего внимания к водному хозяйству – явление далеко не только постсоциалистическое. Антиводная компания по всему миру привела к снижению ввода орошаемых земель, затем к спаду гидростроительства и, в частности, к уменьшению ввода новых плотин. За период с 1965 по 1977 гг. ежегодный прирост орошаемых земель в мире составлял 4,16 млн. га (за 12 лет в целом 50 млн. га), за последующие 24 года с 1977 по 2001 гг. общий прирост составил 70 млн. га или в среднем 2,9 млн. га.

Главное беспокойство вызывает наряду с этим снижение потенциала существующих водных сооружений, ирригационных и дренажных систем из-за технического старения систем, отсутствия достаточных объемов их ремонта и профилактического обслуживания, что привело к утрате регуливающей емкости, водохранилищ, выходу из строя орошаемых земель и дренажа что, в конечном счете, отражается на использовании потенциала земель, воды, страны. За примерами не нужно далеко ходить. Южно-Сурханское водохранилище в Сурхандарьинской области было рассчитано на объем 800 млн. м³, что позволило в свое время обеспечить гарантированное водоснабжение значительной части земель этой области. Ныне его емкость уменьшилась за счет заиления в 2 раза, стало быть, соответствующим образом снизится и водообеспечение. Частично компенсирующее его Туполангское верхнее водохранилище строится уже 30 лет и из-за недостатка средств не сможет при своем объеме 120 млн. м³ компенсировать растущее водопотребление.

Еще более разительные последствия имеет выход из строя дренажных систем. Возьмем Махтааральский район Южно-Казахстанской области. Здесь в зоне высокоэффективного орошаемого хлопководства, где урожайность достигала 4,0 т/га хлопка-сырца, в 1950 ... 60 гг. произошло резкое засоление земель и снижение урожая до 2,0 т/га. Строительство более 900 скважин

вертикального дренажа со специально отработанными параметрами, огромной специальной государственной службой эксплуатации этого дренажа, позволило в 1966 – 1975 гг. прекрасно отдренировать эти земли, и поднять урожайность до 3,5 ... 3,7 т/га. Ликвидация совхозов и колхозов, а заодно и службы эксплуатации дренажа, реструктуризация земель и распределение их между всеми сельскохозяйственными работниками, подорвали основу дренажа. Скважины вышли из строя, земли имеют засоление и ныне существующий урожай не превышает 1,9 т/га. Правительство пошло на восстановление дренажа за счет внешних займов (ВБ, АБР), но более 100 построенных скважин уже 2 года не вводятся в эксплуатацию, ибо не решено, кто будет эксплуатировать эти сложные сооружения. В результате экономика зоны не добавляет более 700 млн. долл. в год только прямых доходов фермерских хозяйств, не говоря о таком же объеме сопряженных эффектов.

Почти повсеместно вышли из строя построенные 30 – 40 лет тому назад оросительные системы из железобетонных лотков, требуя их замены монолитными или сборными железобетонными элементами или перехода на трубчатую сеть. А пока воду подают на тысячах гектаров ранее высокоэффективных систем по самотечным земляным каналам с КПД не более 55 %. Здесь и потеря воды, и потеря урожая как следствие утраты потенциала основных водохозяйственных фондов. Еще хуже обстоит дело с дорогостоящими и капиталоемкими системами машинного орошения. В Таджикистане и Узбекистане более 35% земель орошаются мощными каскадами насосных станций с высотой подъема до 300 и более метров. Эксплуатация и реконструкция, замена устаревшего оборудования этих станций представляет огромную проблему, которая с каждым годом становится дороже и сложнее. В результате износа насосов, двигателей, трубопроводов, затраты электроэнергии на подачу воды увеличиваются, а КПД падает. Страшно думать, что может случиться в этих странах, если такие уникальные каскады как Каршинский, Аштский, Амубухарский, Амузанский, Джизакский останутся – на что будет жить население этих зон, живущие за счет орошаемого земледелия.

Бассейн Аральского моря имеет большие перспективы в развитии гидроэнергетического потенциала, который сейчас используется всего на 26 %. Исключительно дешевые по себестоимости (менее 1 цента/кВт.ч) эти долговременные гидроэнергетические комплексы должны развиваться в регионе, но на основе взаимного сотрудничества и совместных работ и вложений всех стран. Бесспорно, малокапиталоемкие меры улучшения использования водных ресурсов с помощью ИУВР и стимулирования водосбережения имеют приоритет и должны быть первым шагом в выживании глобальной системы в условиях нарастающего водного дефицита, что особенно важно для всего бывшего постсоветского пространства, да, пожалуй, и для стран Восточной Европы.

Хотя мы стараемся жить в потоке сегодняшних проблем и не всегда заглядываем на перспективу, будущее зримо и настойчиво навязывает необходимость проникнуть в него и постараться обеспечить гарантию

выживания с надеждой на улучшение и прогресс. С этой позиции надвигающегося ухудшения водообеспеченности ни для кого не является чем-то неожиданным, даже если ориентироваться только на рост населения. Мировое население к 2050 г. достигнет по прогнозу ООН 9,0...9,4 млрд. человек, в нашем регионе 70...80 миллионов. Отбросив такие факторы, как неопределенное изменение климата, увеличение промышленного производства, рост экологического сознания и требования населения, и мир и наш регион столкнутся с необходимостью жить при ресурсах воды на душу населения по крайней мере в 2 раза меньших. Против нынешней обеспеченности в Центральной Азии в среднем 2600 м³/чел. в год, в 2030 г. будет 1600 м³/чел., в 2050 г. – 1250 м³/чел. Такая перспектива должна заставить "решающих лиц" на политическом олимпе серьезно задумываться над решением вопроса будущего водообеспечения, ибо период решения крупных водохозяйственных проблем, систем и проектов исчисляется десятилетиями – как минимум 15 – 20 лет. Таким образом, проблема будущих прав своих народов на воду и гарантия их водообеспеченности должна закладываться ныне, и она зависит от возможности правительств сегодня заглянуть в оптимальные пути использования земельных, водных и человеческих ресурсов с целью достижения определенных горизонтов, ориентируясь на Цели Тысячелетия. При этом надо иметь в виду, что даже при ясном видении перспективы, достижение намеченного решения в выработке водной политики требует комбинации, выбора и увязки государством состояния, возможностей и уверенности в экономическом развитии, горизонтах социального положения и занятости населения, обеспечения национальных прав в сочетании с суверенитетом, в использовании ресурсов и способности сотрудничать с соседями.

Отсюда ясно, что планирование будущего развития ныне требует совершенно других подходов, чем ранее, в первую очередь в отношении вариантов оценки перспективы водной ситуации и выработки мер по её преодолению, исходя из имеющихся и возможных к привлечению мощностей. Очень важна при этом способность к пониманию изменений и к необходимости их осуществления.

Кто является главным побудителем изменений в водной политике ныне? Некоторые считают (Tony Allan и другие), что двухсторонние и многосторонние банки являются главными побудителями и проводниками водных выборов. Однако это далеко не так. Если мы возьмем примеры двух наиболее прогрессивных и мощных проводников новой водной политики – Китай и Индию (табл. 3), то легко увидеть, что эти страны осуществляют своё прогрессивное движение, в основном, за счет своих средств и ориентируясь на свои подходы. Более того, именно Всемирный Банк долгое время настойчиво под разным предлогом экономических и социальных возмущений блокировал один из важнейших проектов индийского водного хозяйства – проект гидротехнического комплекса Нармада. Именно Всемирный Банк резко снизил свое внимание и вклад в водное обеспечение, объясняя это их недостаточной прибыльностью и эффективностью как проявление "товарной" теории воды,

которая практически игнорирует социальную и экологическую роль воды в жизни общества. И хотя ныне МФИ несколько изменили свое отношение и начали вновь увеличивать капвложения в водное хозяйство, орошаемое земледелие и другие сопряженные отрасли, ориентироваться на их руководящую роль в планировании развития водной ситуации абсолютно не приходится.

Таблица 3 - Рост производства орошаемых и богарных культур в Китае

| Китай | | | |
|-----------------------------------------------------|-------|-------|-------------|
| | 1995 | 2025 | Прирост (%) |
| Водозабор (км ³) | 680 | 845 | 25 |
| Водохранилища (км ³) | 1064 | 1221 | 15 |
| Эффективность по бассейну | 0,54 | 0,60 | 11 |
| Потребление на неорошаемые нужды (км ³) | 47 | 98 | 110 |
| Орошаемая площадь (млн. га) | 64,1 | 69,3 | 8,1 |
| Богарная площадь (млн. га) | 29,5 | 33,5 | 13,6 |
| Урожайность орошаемых земель (кг/га) | 4,747 | 7,727 | 62,8 |
| Урожайность богарных земель (кг/га) | 4,169 | 5,640 | 35,3 |

Водная политика и водная стратегия должны выработаться самими правительствами с полным чувством ответственности за будущее своих стран. Понятно, что выбор правильной линии диктуется не водными практиками и пользователями, а решающими лицами, находящимися во власти кратковременных задач, зачастую легко блокируемыми конфликтующими интересами, территориальными, отраслевыми и даже клановыми.

Тем не менее, в перспективном развитии дело идет не только о новом строительстве, новой линии организационных и других принципиальных изменений, но и, в первую очередь, о сохранении существующего потенциала водных и мелиоративных объектов, их управленческой возможности и поддержания, предотвращения деградации водных и земельных ресурсов, что ныне является наиболее важным.

Посмотрите на постоянное нарастание выхода из строя дренажных и ирригационных систем, вызванного этим выпадом земель, заиления водохранилищ, старения управляющих сооружений, наконец, главное – старения кадров – и легко можно убедиться, что сейчас приоритет должен быть отдан, в первую очередь, этим вопросам и направлениям – сохранению существующего потенциала управления и поддержания водного сектора. К чему это приводит – легко определить, посмотрев на огромный спад в производстве продукции на орошаемых землях, отключению от сети магистральных сельских водоводов тысяч поселков и сёл, вышедших за пределы реальной окупаемости водопользователями.

Водное выживание – проблема многосторонняя, достаточно сложная. Управление её решением требует того, что в мировой практике называется

"политическое руководство". Сюда включается много принципиальных составляющих, определяющих и развитие, и эксплуатацию водного сектора:

- вовлечение "решающих лиц" в водную проблему и выработки для них правильного отношения к ней;
- стратегическое планирование, включающее долговременное видение, анализ ситуации, анализ дестабилизирующих факторов и возможное противодействие, выработка сценариев развития и определение горизонтов в нём водного сектора;
- национальный план внедрения и развития ИУВР;
- юридические и организационные основы водного хозяйства; пересмотр законодательства и подзаконных актов;
- создание общественного климата отношения к воде, восстановление традиций и обычаев святости воды;
- отношение к вовлечению стейкхолдеров и создания для этого соответствующих условий;
- определение финансовой политики в водном хозяйстве;
- определение приоритетов и выделение государственных средств из различных источников;
- воспитание молодого поколения в духе бережного отношения к воде;
- создание Национального Водохозяйственного Координационного Совета под председательством премьер-министра.

УДК 626.8

КАФЕДРА ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА ГИДРОМЕЛИОРАТИВНОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ

А.М Силкин, С.Г. Юрченко, Т.В. Некрасова, А.А.Носова
МГУП, Москва, Россия

В начале шестидесятых годов 20-го столетия на кафедре оснований и фундаментов Московского гидромелиоративного института (ныне Московский государственный университет природообустройства) началось изучение физико-механических свойств болотных грунтов (торфов и сапропелей) для целей гидромелиоративного строительства. Были сконструированы приборы и установки для лабораторных и полевых исследований физико-механических свойств болотных грунтов. На некоторые из них получены авторские свидетельства на изобретения. Среди них: прибор для штамповых испытаний крупноразмерных образцов болотных грунтов на сжатие со свободным боковым расширением в своей собственной среде (а.с. № 153388), релаксационный стабилومتر (а.с. № 566165), глубинный репер, предназначенный для наблюдений за послойной осадкой болотных грунтов в основаниях сетевых сооружений осушительных систем и за послойной осадкой торфов при осушении (а.с. № 809341).

В результате лабораторных и полевых исследований было установлено, что торфы неосушаемых болот при степени разложения до 45% под сетевыми сооружениями и дамбами обвалования испытывают только деформацию сжатия, не имея бокового расширения; со степенью разложения 45...75% испытывают деформацию сжатия и бокового расширения; при степени разложения более 75% – деформацию бокового расширения и выдавливания. И была разработана строительная классификация болот и торфов, которая показана в таблице. Схема строительной классификации болот и торфов зарегистрирована Комитетом по делам изобретений и открытий при СМ СССР (регистрационный № 26235).

С выходом в 1966 г. Постановления Правительства СССР о широкомасштабной мелиорации сельскохозяйственных земель финансирование научно-исследовательских работ существенно увеличилось и работы по изучению физико-механических свойств болотных грунтов (торфов и сапропелей), в частности, для целей устройства совершенных и надежных осушительных систем стали проводиться в большем объеме.

Изучая водопроницаемость торфов известными стандартными лабораторными и полевыми методами, мы пришли к выводу, что нужны новые приборы и новые методы. Нами были разработаны приборы для определения коэффициентов фильтрации и электроосмотической фильтрации по образцам цилиндрической формы (а.с. № 179516, а. с. № 337697). Один из них запатентован в Германии (патент № 1208916), в США (патент № 3329006), во Франции (патент № 1383861) и в Финляндии (патент №40238). Разработан способ определения активной пористости, удельной «кинетической» поверхности и гидравлического радиуса грунтов (а.с. № 518698).

Было известно, что торф – грунт анизотропный. Коэффициент фильтрации в вертикальном и горизонтальном направлениях разный по своему численному значению. А в процессе осушения при общем уменьшении фильтрационной способности торфов их анизотропность увеличивается: фильтрационная способность в вертикальном направлении в 2...6 раз и более, чем в горизонтальном. Нами предложена схематическая модель сложения образца торфа, теоретически объясняющая это явление – увеличение фильтрационной анизотропности торфов при их осушении, в процессе которого изменяется характер сложения торфов.

Анизотропность, и особенно её увеличение, имеет большое значение при осушении торфяных массивов, в частности, при расчете междреннего расстояния. Согласно гидродинамической сетке приток грунтовой воды к дренам на различном удалении от них имеет различное направление. В начале пути, на «водоразделе» между дренами, преобладает горизонтальное направление. По мере приближения к дрене существенная доля падает на вертикальную составляющую потока, при входе в дрину она преобладает.

Основываясь на знании условий образования и сложения торфов, было сделано предположение, что торфы имеют не только "вертикальную", но и "горизонтальную" (плановую) анизотропию. При этом в плане существуют

направления с максимальной и минимальной водопроницаемостями. Это предположение основывалось на следующих теоретических соображениях.

Строительная классификация болот и торфов для целей гидромелиоративного строительства

| Группа | Подгруппа болот | Геологический | разре | ельеф | болот | Неосушаемые болота | | Осушаемые болота | | торфов | Характер торфов в основании деформируемости | | | | | | |
|--------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------|---------------------------------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|------------------------------------------------------------------------|
| | | | | | | Дна болота | Степень болот | Влажность разложения соответствующая диапазону D_{dr} , % | торфов | | | Степень торфов | Влажность разложения соответствующая диапазону D_{dr} , % | | | | |
| I | А | Болота, до дна заполненные торфом; грунт минерального дна плотный | Без уклонов | До 1,5 | 0...45 | ≥ 2500 ... ≤ 750 | 0...75 | ≥ 1250 ... ≤ 350 | Уплотнение | | | | | | | | |
| | | | | | 45...75 | < 700 ... ≤ 600 | ≥ 75 | < 350 | Уплотнение и боковое расширение | | | | | | | | |
| | | | | | > 75 | > 350 | – | – | Выдавливание | | | | | | | | |
| | Б | | С поперечным и уклонами; с продольным и уклонами | > 4 | 0...45 | ≥ 2500 ... ≤ 750 | 0...75 | ≥ 1250 ... ≤ 350 | Уплотнение, но возможен сдвиг сооружения | | | | | | | | |
| | | | | | 45...75 | < 700 ... ≤ 600 | ≥ 75 | < 350 | Уплотнение и боковое расширение, возможен сдвиг сооружения | | | | | | | | |
| | | | | | > 75 | > 350 | – | – | Выдавливание, возможен сдвиг сооружения | | | | | | | | |
| II | А | Болота с торфяным ковром мощностью > 2 м, подстилаемый сапропелями или минеральными илами | Без уклонов | До 4 | Данные для систематизации отсутствуют | | | | Под насыпями изгиб ковра и выдавливание сапропелей или илов с образованием бугров выпирания | | | | | | | | |
| | Б | | С поперечными уклонами | > 4 | | | | | То же, с увеличенным выпиранием в сторону падения дна болота, возможен сдвиг насыпи | | | | | | | | |
| III | А | Болота с торфяным ковром мощностью < 2 м со сплавиной; грядово-мочажинные болота | Без уклонов | До 4 | | | | | Данные для систематизации отсутствуют | | | | Под насыпями изгиб ковра или сплавины с последующим разрывом, опускание насыпи на минеральное дно | | | | |
| | Б | | С поперечными уклонами | > 4 | | | | | | | | | То же, возможен сдвиг насыпи | | | | |
| IV | А | Болота, заполненные разжиженным торфом | Без уклонов | До 4 | | | | | | | | | Данные для систематизации отсутствуют | | | | Выдавливание торфа из-под насыпи, насыпь опускается на минеральное дно |
| | Б | | С поперечными уклонами | > 4 | | | | | | | | | | | | | То же, возможен сдвиг насыпи |

сооружений

Растения-торфообразователи, отмирая, укладываются горизонтально под действием ветра, преимущественно по его господствующему направлению. Представим, что стволы (стебли) растений торфообразователей – это гладкие цилиндры, которые под действием ветра после отмирания все были уложены строго в одну сторону. И так происходило все время.

В этом случае легко увидеть, что торф будет водопроницаемым только вдоль "стволов". Однако в течение года ветер дует в разных направлениях, а стебли растений-торфообразователей по своей форме не одинаковы и, далеко, не гладкие цилиндры. Поэтому стебли растений укладываются не строго в одном направлении, но, преимущественно, по господствующему направлению ветров. Поэтому торф водопроницаем во всех направлениях, но максимальную водопроницаемость он имеет по господствующему направлению ветров. При этом в господствующем направлении (по ветру) водопроницаемость выше, чем в противоположном (против ветра) направлении. Объясняется эта особенность строением (формой) растений-торфообразователей и их положением относительно направления движения воды. Вполне очевидно, что гидравлические сопротивления при движении воды "от корня к вершине" растения будут меньше, чем при движении "от вершины к корню".

С целью проверки этого предположения нами был сконструирован прибор (а.с. № 652266), позволяющий исследовать водопроницаемость торфов в трех ортогональных направлениях по результатам испытания одного и того же образца. При этом плотность сложения образца торфа в процессе опыта может быть изменена. Результаты испытаний образцов различных видов торфов подтвердили правильность нашего предположения и теоретического обоснования наличия плановой анизотропии торфов и интенсивности снижения водопроницаемости. Интенсивность снижения водопроницаемости с увеличением плотности сложения торфов идет экспоненциально.

Полно оценить свойства торфов, как и других видов грунтов, и прогнозировать их изменение можно лишь при правильном сочетании лабораторных и полевых исследований.

В практике исследований водопроницаемости грунтов в полевых условиях чаще всего используют метод длительной откачки воды из скважины с постоянным дебитом и метод восстановления уровня воды в скважине после кратковременной, но интенсивной откачки. Последний метод называют полевым экспресс-методом. В полевых исследованиях мы применяли оба эти метода.

Результаты исследования водопроницаемости торфяных залежей методом длительных откачек с устройством кустов скважин подтвердили наличие у торфов (и залежей в целом) плановой анизотропии. Об этом наглядно свидетельствуют гидроизогипсы одного из кустов скважин торфяной залежи Яхромской поймы, показанные на рисунке 1. При этом следует отметить, что форма гидроизогипс достаточно хорошо совпадает с розой ветров, подтверждая тем самым правильность теоретического обоснования плановой, а следовательно, и пространственной анизотропии торфов.

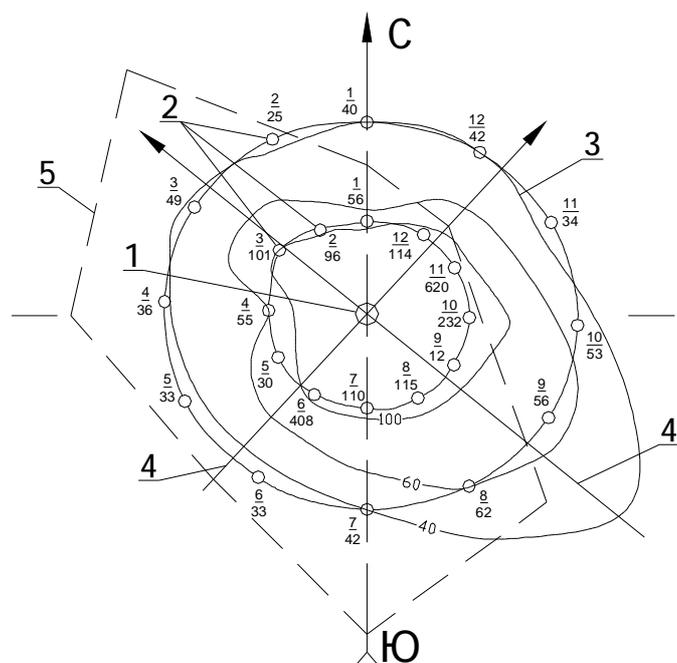


Рисунок 1 - Схема к определению главных осей горизонтальной фильтрационной анизотропии торфов залежи методом длительной откачки:

1 – центральная скважина; 2 – наблюдательные скважины; 3 – гидроизогипсы; 4 – главные оси; 5 – роза ветров

Как видно на рисунке, торфяная залежь имеет в одном направлении максимальную водопроницаемость, а в перпендикулярном – минимальную. Эти и вертикальное направления именуют главными осями анизотропии.

Известно несколько приемов осуществления метода длительных откачек и достаточно большое число формул для определения коэффициента фильтрации по его результатам. Однако на данном этапе исследований рекомендовать какую-либо из формул не представляется возможным. Все они получены из условия жесткого режима фильтрации. В процессе же длительной откачки торф в прискважинной зоне заметно уплотняется и, следовательно, жесткий режим не сохраняется. Влияние сжимаемости торфов в прискважинной зоне требует специальных как экспериментальных, так и теоретических исследований.

Метод длительных кустовых откачек мы рекомендуем только для определения главных направлений фильтрационной анизотропии – главных осей анизотропии. Схема куста скважин достаточно хорошо видна на представленном рисунке.

В каждой точке болота торфяная залежь имеет главные оси анизотропии. С некоторыми отклонениями они имеют свои собственные направления, названные нами генеральными. Однако из генеральных направлений горизонтальной анизотропии одно показывает направление максимальной, другое – минимальной водопроницаемости торфов данного болотного массива.

Очевидно, осушительная сеть будет работать более эффективно, если грунтовая вода к каждой дрене будет идти по линии наименьшего гидравлического сопротивления, а такой «линией» является генеральное направление максимальной водопроницаемости торфов болотного массива. Следовательно, дрены в плане целесообразно располагать перпендикулярно этому направлению (а.с. № 657114).

Для определения коэффициентов фильтрации мы рекомендуем полевой экспресс-метод, разработанный нами (а.с. № 734538). Он позволяет определить как вертикальный, так и горизонтальный коэффициенты фильтрации, но, к сожалению, лишь только осредненный горизонтальный коэффициент фильтрации K_{xy} . А для создания экономичной осушительной сети необходимо знать значение (и направление) максимального горизонтального коэффициента фильтрации. Однако этот метод все же дает возможность запроектировать более качественную и экономичную сеть, чем с использованием ранее применявшихся методик.

Новый вариант полевого экспресс-метода основан на сравнении результатов динамики восстановления уровня воды в одной и той же скважине, работающей сначала (после кратковременной интенсивной откачки) стенками и дном, а затем (после повторной откачки) – только дном.

После строительства и ввода в эксплуатацию осушительной сети изменяются не только водно-физические свойства торфов, но и геометрические параметры дренажа: глубина заложения и уклон дрен и коллекторов. В минеральных грунтах эти изменения невелики и существенного влияния на работу дренажа не оказывают. В торфах же они настолько значительны, что дренаж или не обеспечивает нормального осушения, или совсем выходит из строя. В связи с этим мы рекомендуем при проектировании осушительной системы в расчетах вводить не начальные водно-физические (коэффициент фильтрации) и геометрические параметры, а прогнозируемые, которые ожидаются (сформируются) в процессе осушения к началу нормальной эксплуатации системы.

Нами была разработана методика прогнозирования изменения названных параметров и предложена методика расчета междреннего расстояния с учетом анизотропности торфов.

Нельзя построить совершенную гидромелиоративную систему без достаточного количества комплекса различных сетевых сооружений. В середине прошлого столетия из-за недостаточного знания физико-механических свойств торфов сетевые сооружения в пределах торфяного массива не располагали. Их переносили за пределы торфяного массива на минеральный грунт, что, конечно, снижало качество системы в целом. Поэтому возникла необходимость сетевые сооружения располагать там, где они необходимы для устройства качественной системы, в том числе и в пределах торфяного массива.

Кафедра принимала участие в разработке варианта устройства трубчатых регуляторов с переездом и регуляторов доковой конструкции на предварительно уплотненном песчаной насыпью торфяном основании. В этом

варианте сооружения показали хорошую эксплуатационную работоспособность. Анализируя этот вариант, мы пришли к выводу, что этот вариант имеет достаточно высокую стоимость и достаточно длительное время строительства: отсыпка уплотняющей насыпи; время выдерживания для уплотнения торфов основания, несмотря на то, что для ускорения уплотнения торфов основания применялись вертикальные дрены; время разборки уплотняющей насыпи.

В Украинской ССР в середине прошлого столетия было предложено и построено в пойме р. Трубеж около 500 трубчатых переездов и трубчатых регуляторов с переездом на разгрузочных плитах, которые укладывались на песчаную подушку толщиной не менее 1 м. Иными словами, производилось частичное выторфовывание. Торфа под песчаной подушкой оставалось не более 1 м. Фактически влияние на уменьшение напряжений на оставленный торф в основании сооружений разгрузочные плиты не оказывали. Напряжения перераспределялись песчаной подушкой.

Анализируя проект и результаты нашего обследования этих сооружений, мы предложили разгрузочные плиты делать решетчатыми (с отверстиями определенной формы) и укладывать их непосредственно на естественное торфяное основание (а.с. № 1214821).

Мы обосновали и разработали методику расчета устройства сооружений на грунтовых подушках рационального сечения (с вертикальными боковыми гранями и шириной, равной ширине фундаментной плиты). Было построено на таких подушках несколько трубчатых переездов в торфах р. Пра. Они находятся в хорошем эксплуатационном состоянии.

Учитывая то, что контактные напряжения «подошва–торфяное основание» не превышает 60 кПа и, зная в определенной степени физико-механические свойства торфов, мы разработали конструкцию и методику расчета осадок трубчатых сооружений, водопроводящие трубы которых укладываются на естественное торфяное основание (а.с. № 1361229). Были построены четыре экспериментальных сооружения на торфах Дубнинской поймы. Они показали хорошие эксплуатационные качества.

На кафедре были начаты исследования физико-механических свойств сапропелей, как оснований сетевых сооружений гидромелиоративных систем. На Яхромской пойме на сапропелевом основании по разработкам кафедры были построены два трубчатых быстротока с переездом, два трубчатых переезда, которые находятся в нормальном эксплуатационном состоянии.

К сожалению, в связи с развалом Советского Союза финансирование работ прекратилось, и эти работы сведены к нулю. На голлом энтузиазме в настоящее время кафедра начала исследовательские работы по устройству дамб обвалования на двухслойном основании – торф, подстилаемый сапропелем. Предварительные результаты показывают, что в зависимости от мощности и состояния сапропелей и мощности (толщины) торфяного ковра при степени разложения торфа до 45% надежные дамбы обвалования высотой до трёх метров устраивать на двухслойном основании «торф–сапропель» вполне возможно.

УДК 629.78 (19): 629.13(12): 631.6 (11): 631.47 (18): 681.327: 621.3: 330.15: 77.03
**ОПЫТ, ЗАДАЧИ И ПЕРСПЕКТИВЫ УЛУЧШЕНИЯ
МЕЛИОРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ**

Ю.И. Широкова, А.К. Чернышев, Н.Ш. Шарафутдинова
НПО САНИИРИ, Ташкент, Узбекистан

Проблема водных и земельных ресурсов является жизненно важной не только для Узбекистана, но и для всех стран бассейна Аральского моря. Увеличение народонаселения создает основную трудность в обеспечении населения продуктами питания. Прирост населения в Республике Узбекистан и соседних странах составляет около 2,0 - 2,5 % в год. С 1947 года население Узбекистана выросло с 7 до 26,5 млн. человек¹. График динамики роста численности населения и тренд прогноза показан на рисунке 1. Как видно из рисунка тенденция роста численности, как на основании линейной модели, так и нелинейной мало отличаются. Но общий их результат показывает неизбежное удвоение численности населения через 40 – 50 лет.

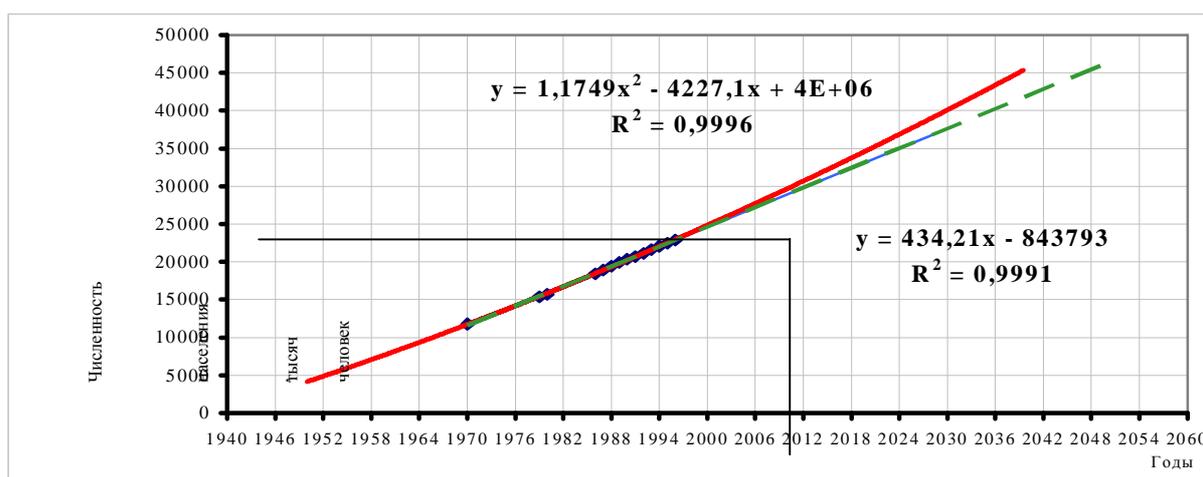


Рисунок 1 - Рост численности населения Республики Узбекистан и прогноз

- полиномиальная модель прогноза
- линейная модель прогноза

Население нуждается в первую очередь в обеспечении продовольствием. Главным источником получения продовольствия служит земледелие. Оно в республике базируется на орошении. Источниками водных ресурсов служат реки Аральского бассейна – Амударья, Сырдарья, Зеравшан, Кашкадарья и другие. Реки снежно-ледникового питания.

¹ Численность населения Узбекистана к началу 2006 года по сравнению с последней Всесоюзной переписью населения в 1989 году увеличилась на 6,3 миллиона человек, или на 32%. Число жителей Узбекистана и каждый год увеличивается примерно на 1,6 %, что составляет примерно 450-500 тыс. человек в год. Средняя плотность – 49 чел на 1 км²

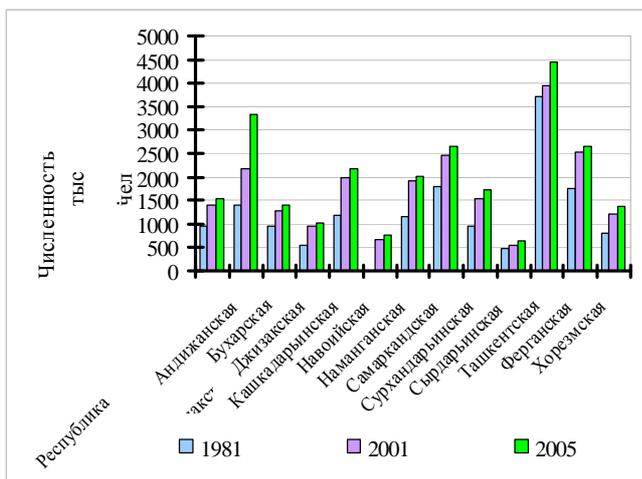


Рисунок 2 – Динамика численности населения по областям Узбекистана и Республики Каракалпакстан

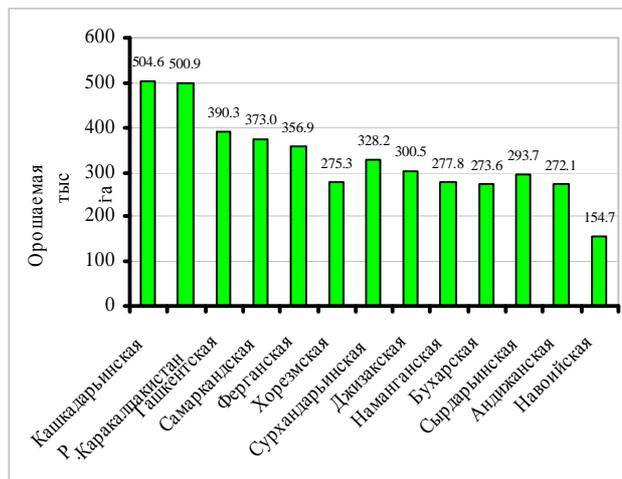


Рисунок 3 - Распределение орошаемых земель по областям Узбекистана и Республики Каракалпакстан на 01.01.2001

За предшествующие годы в бассейне создана сеть водохранилищ многолетнего и сезонного регулирования.

Рост численности населения (рисунки 1 и 2) постоянно требовал решения проблемы освоения земель, что и осуществлялось на протяжении всего периода существования страны. Это в определенной степени решало потребности населения в продуктах питания.

Таблица 1 - Распределение орошаемых земель по степени засоления по Республике Узбекистан за 1992 - 2001 гг. тыс. га (последняя оценка проведена в 1998 г при непосредственном участии ИВП АН РУз)

| Годы | Орошаемая площадь, нетто | Наблюд. площадь | Степень засоления | | | |
|---------------------|--------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|------------------|------------------------------|
| | | | Незасоленные | Слабозасоленные | Среднезасоленные | Сильнозасоленные и солончаки |
| 1992 | 3724,68 | 3623,60 | 2007,01 | 1140,09 | 365,95 | 110,55 |
| 1993 | 3768,40 | 3646,22 | 1972,24 | 1208,36 | 378,36 | 87,27 |
| 1994 | 3793,15 | 3672,62 | 1945,18 | 1200,94 | 428,43 | 98,08 |
| 1995 | 3783,61 | 3667,02 | 1922,87 | 1227,69 | 401,74 | 114,73 |
| 1996 | 3795,29 | 3731,02 | 1926,85 | 1198,45 | 488,48 | 117,24 |
| 1997 | 3771,80 | 3711,17 | 1904,68 | 1177,72 | 497,12 | 131,65 |
| 1998 | 3776,06 | 3696,11 | 1939,70 | 1049,02 | 495,96 | 211,44 |
| 2001 ² | 3726,90 | 3726,90 | 1327,20 | 1317,60 | 665,6 | 416,5 |
| Изменение 1992-2001 | 2,22 | 103,30 | -679,81 | 177,51 | 299,65 | 305,95 |

² Данные Узерлойиха

В сельскохозяйственном обороте республики находится более 4301,6 тысяч га орошаемых земель (рисунок 3), более половины из них имеют различную степень засоления: среднюю, сильную и очень сильную (таблица 1). В целом наблюдается тенденция ухудшения состояния орошаемых земель Узбекистана: Сокращаются площади незасоленных земель в среднем на 10 тыс. га в год, слабозасоленных – более 13 тыс. га в год, повсеместно тем самым увеличиваются площади средне-, сильнозасоленных земель и солончаков – средний ежегодный прирост составляет – 33 тыс. га (таблица 1). Продолжение такого негативного процесса может нанести серьезный ущерб экономической, в том числе и продовольственной безопасности Узбекистана.

Накоплению солей способствует аридный климат – жаркое сухое лето, практическое отсутствие осадков в вегетационный период, полив речными водами и водами из различных источников с минерализацией от 0,2 до 3,0 г/л.

На рисунке 4 показано изменение урожайности сельскохозяйственных культур за период 1991 – 1998 гг.³ Из приведенных данных видно, что разные культуры имеют различную урожайность. Это зависит от засоления почв, положения грунтовых вод при гидроморфном режиме орошения, климатических и антропогенных условий и других факторов влияющих на продуктивность орошаемых земель.

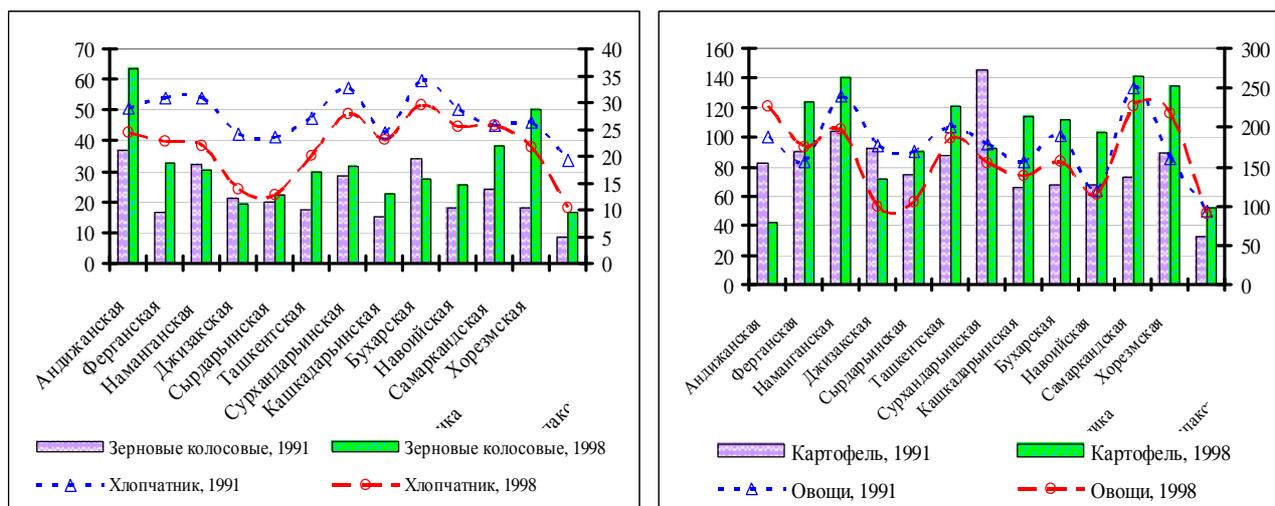


Рисунок 4 - Динамика урожайности сельскохозяйственных культур по областям Республики Узбекистан за 1991-1998 годы, ц/га (по данным института Водных проблем, АН РУз)

При сильном засолении почвы – содержании солей более 0,4 % потери урожая могут составить половину и более. Из этого следует, что урожайность культур в значительной степени зависит от содержания солей и управлением по снижению степени почвенного засоления необходимо заниматься самым серьезным образом.

Солеустойчивость культур по критериям ФАО учитывается через электрическую проводимость (концентрацию) насыщенного почвенного рас-

³ В 2003 урожайность хлопчатника снизилась еще на 10 % по сравнению с 1998 годом

твора. Так, при засолении выше 2 dS/m происходит снижение урожая более чувствительных культур (помидоры, перец, лук и др.), а для солеустойчивых (пшеница, ячмень, **хлопок**) потери урожая происходят при засолении свыше **7 dS/m⁴** (Хилель Д., 2000).

Наблюдения на различных объектах проводимые в лаборатории Почвенных исследований и промывок с 1996 - 2005 гг. показали, что снижение урожая хлопчатника наступает при значительно меньшем засолении.

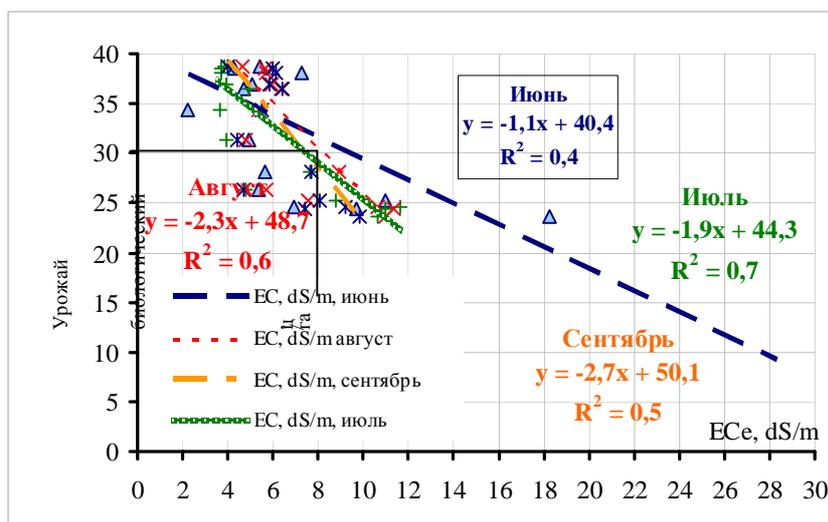


Рисунок 5 – Влияние засоления на биологический урожай хлопчатника в ОПХ САНИИРИ им. Г. Гуляма, 2005

На рисунке 5 продемонстрированы зависимости для условий участка в хозяйстве им. Г. Гуляма о влиянии засоления на биологический урожай хлопчатника (2005 г). Данные по засолению определялись на протяжении вегетационного периода. Из полученных уравнений видно, что при увеличении засоления на 1 dS/m урожайность хлопчатника снижается на 1 - 2 ц/га. Если провести тренд и увеличить значения электропроводности (ЕСе), характеризующей засоление почвы, на 10 dS/m, то при значении ЕСе - 28 dS/m - возможно получить только 10-12 ц/га против возможных 30 ц/га при ЕСе – 8 dS/m. Что подтверждается и в статье Хиллеля.

На основе данных почвенного и солевого обследования орошаемых земель институтом «Узерлойиха», и, принятых ими же понижающих коэффициентов для расчета бонитета почв:

- при слабом засолении 0,85 (потери 15 %)
- при среднем засолении 0,6 (потери 40 %)
- при сильном засолении 0,4 (потери 60 %)
- при очень сильно засолении 0,3 (потери 70 %)

⁴ Многие исследователи ввели термин «порога засоления» для того, чтобы характеризовать зависимость относительного урожая (Y_r) от засоления: $Y_r = 100 - b (ЕС_e - a)$. Где a – это порог засоления, выраженный в dS/m; b – отклонение, выраженное в изменении процентов урожая на dS/m; $ЕС_e$ – значение электрической проводимости в корневой зоне (обычно измеренное с использованием насыщенной пасты)

можно определить, что **из-за засоления** потери урожая в Республике (как по хлопчатнику, так и по пшенице) достигают 30 %

Неумелое использование поливных вод в период вегетации или неправильная методология промывок земель в зимний и весенний период способствуют интенсивному засолению земель. Все это снижает эффективность использования водных ресурсов при производстве удельной единицы сельскохозяйственной продукции и создает условия постоянного накопления солей, снижающих продуктивность орошаемых земель.

Для автоморфного режима почв можно привести следующий пример. Среднее испарение с орошаемых земель в вегетационный период составляет 720 – 850 мм. Это значит, что на 1 м² для выращивания условной единицы биомассы продукции должно быть подано минимум 720 - 850 литров. Стандарт на оросительную воду предполагает максимальное содержание солей в пределах 1 г/л. Однако, в условиях дефицита оросительной воды, крестьяне используют воду с минерализацией до 2 – 3 г/л. При колебании минерализации воды подаваемой на орошение от 0,5 до 1 г/л или 3 г/л в корнеобитаемом метровом слое почвы будет накоплено от 360 до 850 грамм солей, а в случае использования воды с минерализацией 3 г/л, накопится 2500 грамм солей! Т.е., каждый год, при выбранных пределах минерализации поливной воды в почве будет накапливаться от 0,027 % до 0,063 % солей, а в случае использования высокоминерализованной коллекторной воды (2 –3 г/л) накопления солей могут составить 0,13 - 0,19 % в год.

Для полугидроморфного и гидроморфного режимов почв накопление солей значительно выше за счет повышенных значений минерализации грунтовых вод.

Расчет динамики засоления почв в зависимости от минерализации оросительной воды, испарении 800 мм / за вегетационный период и заданной объемной массы почвы приведен в таблица 2. Как видно из таблицы, при минерализации воды в 1 г/л переход земель из одной категории в другую (последующую) с потерей урожайности на 25-30 % составляет более 3-х лет. Это очень энергичная динамика для центральной части бассейна рек Амударьи и Сырдарьи. Для назначения мелиоративных мероприятий связанных с промывками земель или разработки рекомендаций по применению схем орошения областными гидрогеолого-мелиоративными экспедициями Министерства сельского и водного хозяйства проводятся осенние и весенние наземные обследования почв в хозяйствах в масштабах 1 : 10000 - 1 : 50000, основной целью которых - определение распространения засоленных земель. При этом используются сложившиеся годами традиционные методы оценки степени засоления почв и минерализации грунтовых вод: взятие проб почв и грунтовых вод, доставка их в стационарные лаборатории, анализ проб, камеральная обработка полевых материалов и представление результатов в виде карт засоления почв, залегания грунтовых вод и их минерализации (рисунок 6).

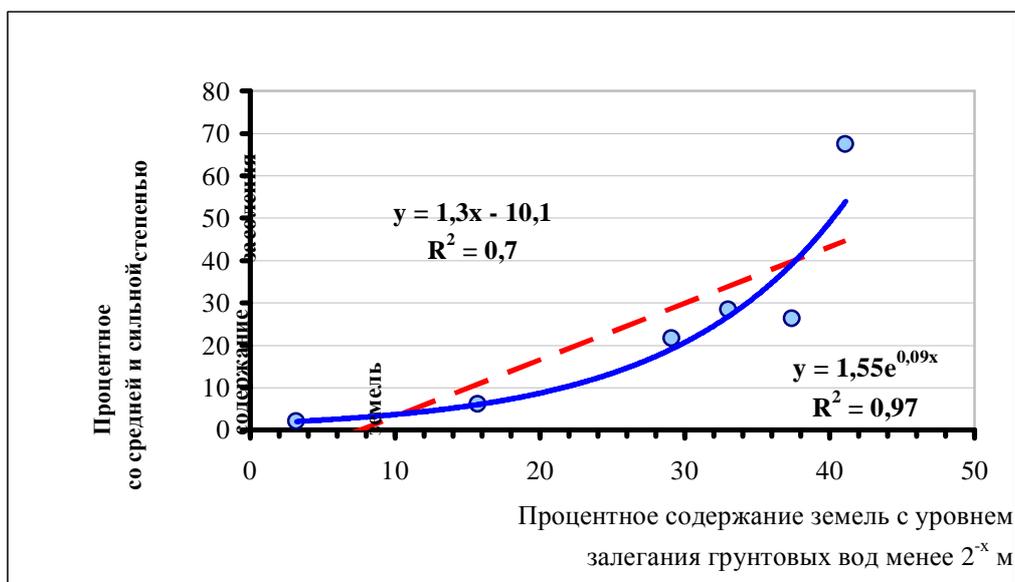


Рисунок 6 - Влияние положения грунтовых вод на распространение засоленных земель (по средним данным по ЦАР)

В методике института Узерлойиха для анализа почвенных образцов на 15 - 17 га пробуривают одну скважину, а в Минсельводхоз РУз предусмотрено три точки на 100 га. Такой объем выборки образцов практически не дает даже удовлетворительных знаний относительно тенденции засоления земель протекающих в зоне орошения.

При таком подходе полностью отсутствует статистическая оценка результатов исследования образцов, а полученные данные носят случайный характер, в лучшем случае представляют собой лишь экспертную оценку в точке взятия почвенной пробы. Существующая схема мониторинга мелиоративного состояния орошаемых земель представлена на рисунке 7.

Исходя из этого условия, для полного картирования орошаемых земель, требуется произвести 86 000 (при фактической потребности более 1 000000) точек опробования в трех - четырех горизонтах, т.е. получить от 344 тыс. до 4 миллионов образцов за сезон. Учитывая, что мощностей мелиоративных экспедиций и привлекаемых для этой цели других организаций недостаточно, картирование засоления в Узбекистане осуществляется один раз в три - пять лет (сейчас этот период увеличился). Этого явно недостаточно для хорошего и объективного знания и оценки мелиоративного состояния орошаемых земель. Это наглядно видно из представленной таблицы 2.

Так, в течении года, а точнее в весенний и осенний периоды, должно быть переработано не менее 344 тыс. образцов почвы и, примерно, 50 тысяч проб грунтовой воды из наблюдательных скважин, которых в Узбекистане 24000 единиц.

На химические анализы, помимо значительных трудозатрат, требуются чистые и особо чистые и очень дефицитные реактивы, в которых химические

лаборатории остро нуждаются. Из-за их отсутствия в ГГМЭ⁵ снизилось качество химических анализов. Высокая стоимость реагентов и, соответственно, увеличила реальные затраты на производство

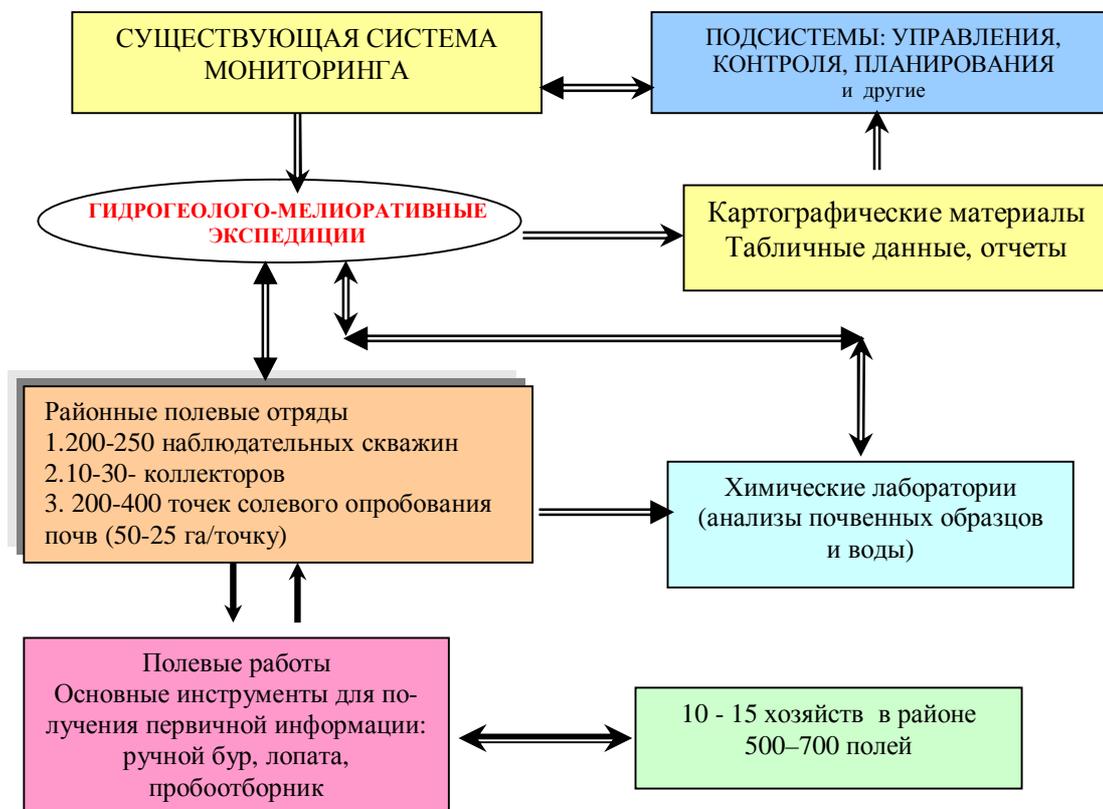


Рисунок 7 - Существующая схема мониторинга мелиоративного состояния земель

Как видно из изложенного, проблема мониторинга состояния орошаемых земель и вод представляет исключительно важную народнохозяйственную проблему не только с позиции продовольственного обеспечения, но и экологического характера, так как проблема засоления земель из-за потери контроля может и уже перерастает в общенациональную проблему.

Альтернативой существующей традиционной малопродуктивной технологии мониторинга мелиоративного состояния орошаемых земель может стать комплексная технология, использующая как традиционные подходы, усовершенствованные наземные технологии на основе новых приборов и методов, так и современные информационные методы получения и анализа информации о земле и водных ресурсах

Следует отметить, что практически все ГГМЭ в настоящее время начали постепенно переходить на кондуктометрический метод измерения вод и почв.

Технологии мониторинга всех видов поверхностных, грунтовых и подземных вод, а также степени минерализации почв в будущем должна перейти на электрические методы измерений. Они могут быть контактными и бесконтактными, использовать образцы микро и макро объемов.

⁵ ГГМЭ – Гидрогеолого - мелиоративные экспедиции

Таблица 2 - Расчетные значения времени перехода орошаемых земель из категории слабо засоленных в категории средне и сильнозасоленных земель в зависимости от минерализации оросительной воды, испарения и объемной массы почвы

| Минерализация воды Γ д | Испарение мм , | Количество за ленности | Объемная почвы солей накоп | Дополнительное засоление г мм з | Переход ничв земель не среднезасоленных засоленных в состоя лет | Переход ния земель состояние незасоленных сильнозасоленных в состоя лет | Переход ния земель незасоленных из очень в состоя лет |
|-------------------------------------|-------------------|------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 0,1 | 800 | 80 | 1350 | 0,01 | 33,75 | 59,06 | 75,94 |
| 0,5 | 800 | 400 | 1350 | 0,03 | 6,75 | 11,81 | 15,19 |
| 0,7 | 800 | 560 | 1350 | 0,04 | 4,82 | 8,44 | 10,85 |
| 1,0 | 800 | 800 | 1350 | 0,06 | 3,38 | 5,91 | 7,59 |
| 1,5 | 800 | 1200 | 1350 | 0,09 | 2,25 | 3,94 | 5,06 |
| 2,0 | 800 | 1600 | 1350 | 0,12 | 1,69 | 2,95 | 3,80 |
| 2,5 | 800 | 2000 | 1350 | 0,15 | 1,35 | 2,36 | 3,04 |

При необходимости, использование электрических приборов с селективными электродами позволит получать данные о количественном содержании интересующих элементов, однако стабильность работы таких электродов в полевых условиях недостаточная

Анализ работ в ряде стран по использованию кондуктометрического метода для оценки минерализации воды, показал перспективность использования электрических методов в этом направлении.

В развитых странах широко используются дистанционные методы для изучения различных характеристик поверхности Земли.

Цифровые технологии дешифрирования позволяют оценивать состояние посевов в различные периоды вегетации, продуктивность культур и многое другое. По космическим снимкам по состоянию растительного покрова в орошаемой зоне можно с успехом определять мелиоративное состояние земель. Для оперативного создания тематических карт различного направления используется ГИС технология. Из отдельных слоев можно в короткое время построить необходимую для работы карту любого участка земли, а присоединяемая база данных позволит обеспечить полноту легенды соответствующей карты или картограммы. Накопление объективных наземных данных и развитие ГИС позволят воссоздавать ситуацию на орошаемой территории в прошлом, анализировать текущую и прогнозировать будущее мелиоративного состояния используемых земель.

Ниже приведены несколько основных этапов перехода от традиционной технологии мониторинга мелиоративного состояния орошаемых земель к более перспективной (таблица 3). Каждый этап объединяет мероприятия, как со стороны науки, так и со стороны производства под контролем Минсельводхоза РУз. При этом возможны структурные изменения, направленные на оптимизацию существующей системы мониторинга и создание связей с Госкомземом РУз. Реализация перечисленных этапов внедрения комплексной системы мониторинга, которые безусловно потребуют затрат времени и средств, подготовки кадров на местах и научного обеспечения. Мониторинг мелиоративного состояния орошаемых земель может быть представлен в виде нескольких взаимодополняющих схем. Общая схема мониторинга представлена на рисунке 8. Ниже представлены некоторые обязательные компоненты ГИС с соответствующей тематической направленностью.

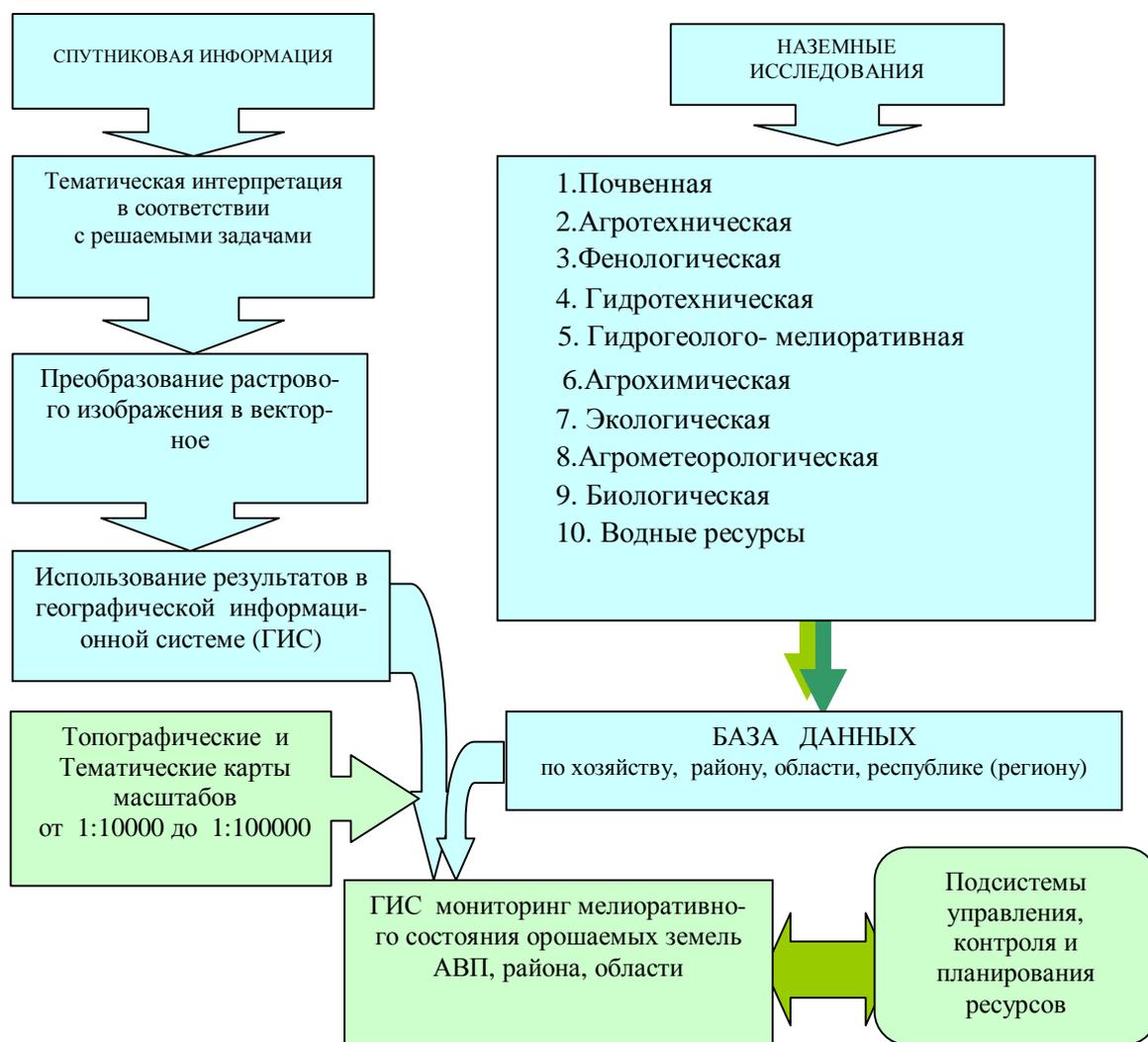


Рисунок 8 - Схема совместного объединения результатов обработки дистанционной и наземной информации в ГИС для использования в системе мониторинга и управления водными и земельными ресурсами АВП, района, области и аппаратов управления министерства и областей

Таблица 3 - Этапы совершенствования мониторинга мелиоративного состояния орошаемых земель

| Действия науки | Действия производственной структуры |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2 |
| <p>Этап № 1 - разработать методику промывки земель на базе кондуктометрического контроля. В методике в качестве единицы измерения оценки предполагаемого результата от промывки почв использовать отношение единицы объема промывной воды к единице электропроводимости почвы, приходящихся на единицу площади и толщине промываемого слоя. Приборы контроля промывки почв – кондуктометры.</p> | <p>Техническое обеспечение полевых отрядов на уровне ГГМЭ: Кондуктометрами, позволяющими измерять электропроводимость почвы в микрообъеме непосредственно в корнеобитаемом слое. При этом уменьшаются на 95 - 98 % буровые работы выполняемые вручную; Навигационными приборами (GPS). С их помощью обеспечивается топографическая привязка точек взятия проб; Производится переход на мажоритарную систему оценки засоления почв. Доводится количество точек контроля до 5 - 9 на исследуемый контур с максимальной площадью от 0,5 до 2 га и статистически усредняются результаты оценки</p> |
| <p>Этап № 2 - обеспечивается внедрение простой технологии создания баз данных в ГГМЭ. Проводится обучение ведущих специалистов ГГМЭ возможностям дистанционного зондирования и использования космических снимков в системе мониторинга засоления почв и мелиоративного состояния земель в целом. Проводится обучение специалистов ГГМЭ возможностям и технологии создания географических информационных систем. Разрабатывается система метрологического обеспечения и контроля приборного парка находящегося в производстве.</p> | <p>Производится оснащение ГГМЭ вычислительными комплексами для ведения баз данных, рабочими станциями по обработке и анализу космических изображений, созданию и ведению географических информационных систем для мониторинга мелиоративного состояния орошаемых земель. Обеспечивается начало создания специализированных баз данных. Обеспечивается создание специализированных Географических информационных систем для мониторинга мелиоративного состояния орошаемых земель. Производится тренинг по использованию космических снимков в производстве. При министерстве создается подразделение метрологического обеспечения и контроля приборного парка ГГМЭ.</p> |

| 1 | 2 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Этап № 3 - Авторский надзор и оказание научной помощи производству.</p> | <p>Завершение создания баз данных и географических информационных систем на АВП⁶, районы и области. Министерством в централизованном порядке приобретаются космические снимки. Обеспечивается полный технологический цикл получения, занесения в базы данных и ГИС оперативной информации, осуществляется ее анализ, результаты представляются в виде тематических карт и данных с рекомендациями для органов контроля, управления и планирования областного и республиканского уровня. Организуется метрологическое обеспечение кондуктометрических и других измерений в производстве.</p> |

ВЫВОДЫ:

Мелиоративные системы представляют собой единые инженерные технологические комплексы по производству сельскохозяйственной продукции. Нарушение агротехнических мероприятий и инженерного обслуживания болезненно отражается на состоянии корнеобитаемого слоя, что приводит к серьезным потерям при производстве сельскохозяйственной продукции. Эффективное управление мелиоративными системами может базироваться только на объективной комплексной информации и оперативном реагировании на показатели, которые снижают продуктивность производства.

На получение первичной информации о состоянии орошаемых земель затрачиваются значительные финансовые и людские ресурсы, но качество получаемой информации (формы) и ее представление не соответствует на сегодняшний день потребностям управления. В тоже время технология управления должна быть направлена к достижению практических целей через оперативное реагирование на информацию о состоянии земли. Здесь в первую очередь могут помочь космические снимки, и базы данных на которых хорошо видны мелиоративные системы.

База данных, полученная на основе статистических материалов и полевых исследований, может быть присоединена к графической базе данных (ГИС).

⁶ АВП – Ассоциации водопользователей, объединяющие фермерские хозяйства – начали создаваться в Республике Узбекистан в 2002 году в соответствии с Постановлением Кабинета Министров «О мерах по реорганизации сельскохозяйственных предприятий в фермерские хозяйства», а в мае 2004 года международная организация USAID приняла решение оказать поддержку правительству нашей страны в этой сфере – через внедрение программы поддержки ассоциаций водопользователей (WUASP). На сегодняшний день, к сожалению, еще нет закона об АВП республики, хотя их уже насчитывается около 1200, и они испытывают определенные трудности юридического характера, но будущее за ними, так как только АВП в сложных условиях маловодья смогут помочь фермерам рационально использовать воду и получать высокие урожаи.

Такая ГИС дает возможность осуществлять контроль многих показателей: оросительной, коллекторной сети, площадей земель с низкой продуктивностью, засолением, уровнем и минерализацией грунтовых вод, другими показателями. Такая по структуре информационная система позволяет анализировать процессы на земле в динамике, что позволяет определить направление изменений не в простой табличной форме, а с помощью картографических и космических изображений.

Любые элементы орошаемых земель, полей, территорий АВП, районов и областей могут быть представлены в виде схем, рисунков, цифровых фотографий и карт. Такие материалы необходимы для целенаправленного контроля и планирования мероприятий на улучшение мелиоративного состояния конкретного фермерского хозяйства. В этом случае представленная информация будет являться источником для контроля и фактической реализации запланированных мероприятий.

Использование новых комплексных информационных технологий в мониторинге мелиоративного состояния орошаемых земель в конечном итоге будет способствовать рациональному управлению, повышению плодородия и более эффективному вложению инвестиций в развитие и поддержание на высоком уровне производство сельскохозяйственной продукции.

В настоящее время Министерство сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан приступило к реализации программы подготовки кадров ГГМЭ в области совершенствования мониторинга мелиоративного состояния орошаемых земель при помощи современных информационных технологий - ГИС и электрокондуктометрических измерений. Что позволяет повышать эффективность управления земельными и водными ресурсами.

УДК 631.347

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ РУКОВОДЯЩИХ КАДРОВ И СПЕЦИАЛИСТОВ МЕЛИОРАТИВНЫХ СЛУЖБ

К.Г. Егорова

ФГОУ «КИППК», Коломна, Россия

Развитие мелиорации в России невозможно без подготовки кадров и повышения их квалификации.

На выполнение широкомасштабной программы интенсификации сельского хозяйства были подняты трудящиеся всей нашей страны. Важнейшую роль в реализации этой программы занимает мелиорация земель, 40-летняя годовщина которой отмечается в этом году. Решение организационных, технических и научных проблем мелиорации, в т.ч. в Нечерноземной зоне РФ, стало первоочередной задачей. В сжатые сроки были созданы новые проектные, строительные, научно-исследовательские институты.

Для подготовки и переподготовки кадров были открыты специальные факультеты в высших учебных заведениях, созданы институты дополнительного

профессионального образования, организованы новые техникумы и профессионально-технические училища, учебно-курсовые комбинаты. Значительно увеличился выпуск высококвалифицированных специалистов по агромелиорации, орошаемому земледелию, агрохимии и кормопроизводству, а также кадров массовых профессий – строителей, механизаторов, бригадиров.

В 1973 году в соответствии с необходимостью совершенствования знаний и потребностью в повышении квалификации мелиоративных кадров создан Всесоюзный институт повышения квалификации специалистов Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР (г. Киев) с его филиалами в гг. Коломне, Саратове, Владивостоке, Ташкенте, Риге.

В целом в ВИПК ежегодно повышали квалификацию более 14 000 человек по направлениям: водохозяйственное строительство, проектирование мелиоративных объектов, механизация и автоматизация отрасли, программирование урожаев, применение и производство полимеров в мелиорации. Учеба осуществлялась по трехмесячным программам с учетом баз данных предприятий слушателей.

В 1991 г. филиал ВИПК в г. Коломне преобразован Постановлением Правительства в самостоятельный институт с целью осуществления профессиональной переподготовки и повышения квалификации специалистов в отрасли мелиорации, сельхозводоснабжения, растениеводства, кормопроизводства и др. в Российской Федерации.

На протяжении двух десятилетий ФГОУ «КИППК» с честью несет звание одного из лучших базовых образовательных центров дополнительного профессионального образования.

Институт обладает хорошо оснащенной учебной базой и новейшими техническими средствами. Учебный корпус включает аудитории, лингафонные кабинеты, конференц-зал на 350 мест, выставочный зал, каминный зал для заседаний и других мероприятий, библиотеку с читальным залом. Имеется корпоративная сеть с выходом в Интернет. В институте имеется общежитие гостиничного типа, столовая.

Основными видами деятельности института являются профессиональная переподготовка, повышение квалификации, проведение научно-практических конференций и семинаров по экологии, природообустройству, проектированию, строительству, эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных объектов, применению передовых технологий в растениеводстве, экономике, бухгалтерскому учету, акционированию государственного имущества, кадровым и другим актуальным вопросам. Обучение ведется в соответствии с лицензией и свидетельством об аккредитации. В институте выполняются научно-исследовательские работы, осуществляется консультационная и издательская деятельность. Более 60 % профессорско-преподавательского состава, участвующего в реализации учебных программ, имеют ученые степени кандидатов и докторов наук. Среди них ведущие ученые и специалисты – практики России и зарубежных стран, высококвалифицированные специалисты департаментов Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, Федерального агентства по строительству, Минфина и Минэкономразвития России, РАСХН,

ведущих научно-исследовательских институтов мелиоративного и сельскохозяйственного профиля.

В процессе обучения институт сотрудничает с передовыми производителями сельскохозяйственной продукции, научными учреждениями России и зарубежными фирмами. Среди них «Сингента» (Швейцария), «НИВА», «Агрико» (Нидерланды), «Монсанто» (США), «Аймо Корте» (Финляндия), «Баренбруг», «Лемкен», «Гримме» (Германия). В рамках Российско-Нидерландского сотрудничества проводились теоретико-практические курсы по картофелеводству. Институт принимал участие в Российско-Германских экологических проектах «Ока-Эльба», «Ока-чистая река».

За двадцатилетний период работы КИППК повышение квалификации и профессиональную подготовку прошли около 35 тысяч специалистов регионов России и зарубежных государств.

В своей работе КИППК использует методологические основы переподготовки повышения квалификации руководящих кадров и специалистов мелиоративной службы как инструмент организации деятельности учебного заведения. Известно, что методология базируется на нормативно-правовых актах, государственных образовательных стандартах.

При разработке методологических основ учитываются как особенности мелиоративной службы России, так и характер деятельности различных категорий слушателей, а также современные квалификационные требования, предъявляемые к руководителям и специалистам.

Спецификой работы мелиоративных организаций является многопрофильность. В процессе производственной деятельности мелиоративные организации выполняют проектные, строительные, ремонтные работы, занимаются реконструкцией и эксплуатацией мелиоративных систем. Большой набор видов работ определяет значительную номенклатуру специальностей (инженер-гидротехник, инженер-мелиоратор, инженер-механик, инженер по водопользованию и т.д.). Это обстоятельство определяет необходимость разработки большого количества учебных программ, значительного числа методических рекомендаций для решения практических задач. Определенную трудность представляет поиск и привлечение к учебному процессу высококвалифицированных специалистов различных направлений, обеспечивающих высокое качество лекций, семинаров, выездных занятий. Следует отметить, что семинары, творческие дискуссии, выездные занятия составляют более 60% затрат времени в каждом учебно-тематическом плане.

Качественная оценка персонала – составная часть методологических основ профессиональной подготовки и повышения квалификации руководителей и специалистов мелиоративного комплекса.

Начиная с 1999 года, институт по заданию Министерства сельского хозяйства Российской Федерации ведет исследования в области мониторинга кадров. Его суть заключается в оценке кадров, разработке и реализации наиболее перспективных направлений профессиональной переподготовки и повышения квалификации, что позволяет влиять на формирование кадровой политики де-

партаментов Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. Исследования ведутся по следующим этапам:

- обоснование системы показателей оценки персонала кадров;
- создание и обновление базы данных;
- оценка персонала водохозяйственных организаций;
- разработка наиболее перспективных направлений для профессиональной переподготовки и повышения квалификации, программного и методического обеспечения;

Анализ показателей исследований позволил сделать следующие выводы:

- имеет место естественное старение персонала;
- некоторая часть руководителей и специалистов не имеет базового образования, необходимого для занимаемой должности;
- в силу различных причин происходит ротация кадров и, как следствие, значительная часть руководителей и специалистов работает на занимаемой должности от года до пяти лет;
- большая часть бухгалтеров не имеет статуса «профессиональный бухгалтер» и т.д.

С целью повышения эффективности использования персонала мелиоративных и водохозяйственных организаций КИППК разработаны и реализованы следующие программы профессиональной переподготовки по направлениям: менеджмент, экономика, агроэкология, безопасность жизнедеятельности.

Характерной особенностью труда руководителей и специалистов мелиоративных организаций является разъездной характер работ. План-график профессиональной переподготовки и повышения квалификации на конкретный год разрабатывается с учетом сезонности работ.

Учебный процесс - это всего лишь часть времени пребывания специалиста в институте. Как бы хорошо не был организован учебный процесс, какую бы новизну и интерес не вызывали лекции, семинары, выездные занятия, психологический настрой слушателя в значительной степени определяется организацией его быта и досуга. Вот почему вопросу методологии в институте придается большое значение. Проживая в комфортабельном общежитии, слушатели могут в непринужденной обстановке обмениваться опытом решения проблем, консультироваться с профессорско-преподавательским составом по интересующим их вопросам.

Для организации досуга слушателей разработана специальная программа. Она предусматривает экскурсии по историческим местам Коломны, Подмосковья, Москвы.

Принятые Правительством России национальный проект «Эффективный агропромышленный комплекс» и Федеральная целевая программа «Сохранение и восстановление плодородия почв, земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России на 2006-2010 годы» направлены на восстановление сельскохозяйственного производства, на возрождение мелиорации.

Мелиорация изменяет условия сельскохозяйственного производства и ведет к глубоким социальным переменам, где решающую роль играют квалифицированные кадры.

От руководителей учреждений, предприятий требуется более заинтересованный подход к совершенствованию знаний специалистов.

Согласно Закону об образовании и научно обоснованным нормативам, повышение квалификации специалисты должны проходить не реже 1 раза в 5 лет в объеме 72,100 и более часов. Однако стремительное развитие российской экономики и повышенные требования к уровню квалификации специалистов требуют пересмотра нормативов с целью сокращения сроков между периодами обучения.

Для молодых специалистов первое повышение квалификации должно быть не позже, чем через один год работы на производстве.

Корректировка методологии профессиональной переподготовки и повышения квалификации позволила за последние годы существенно увеличить количество слушателей в КИППК и улучшить качественные показатели в отрасли.

Совершенствование методологии профессиональной переподготовки институт рассматривает как один из важнейших факторов повышения эффективности деятельности образовательного учреждения.

ГИДРОМЕЛИОРАЦИЯ

УДК 626.8

ТЕХНОЛОГИЯ ОРОШЕНИЯ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ

К.В. Губер

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Существующие в настоящее время гидромелиоративные системы в последние годы разрушаются и выводятся из производства, а мелиорированные земли переходят в разряд переувлажненных, подтапливаемых и малопродуктивных земель. Для восстановления плодородия этих земель потребуется выполнение комплекса мелиоративных работ, включающего их окультуривание, переустройства мелиоративной сети с проведением реконструкции сооружений. Фонд мелиорированных земель, находящихся в эксплуатации, так и многие системы, построенные 20-30 лет назад, морально устарели и физически изношены. В настоящее время в мировой практике орошения всё более широкое находит применение новых способов полива, позволяющих исключить производительные потери воды и отрицательные воздействия орошения и внесения удобрений на окружающую среду. Эти результаты достигаются благодаря ло-

кальной подаче небольших поливных норм, а также внесение с оросительной водой разных агрохимикатов.

Современные мелиоративные системы должны обеспечивать не только регулирование водно-воздушного режима почвы, но и позволять производить внесение различных сельскохозяйственных химикатов, в том числе макро- и микроудобрений, гербицидов, инсектицидов, фунгицидов, химмелиорантов, ростовых веществ. Они должны также обеспечивать возможность проведения различных специальных поливов: противозаморозковых, освежительных. Использование новых технологий орошения, современной оросительной техники и специализированной техники для внесения агрохимикатов позволит повысить эффективность мелиоративных систем многоцелевого использования. В то же время применение новых оросительных технологий влечет изменение технологии эксплуатации оросительных систем.

Решение актуальных проблем дальнейшего развития земледелия России невозможно без проведения комплексных мелиораций, основой которых является применение рациональных способов орошения и осушения сельскохозяйственных культур, обеспечивающих экономическую эффективность и экологическую безопасность. Необходимость создания мобильных технологических комплексов мелиорации земель диктуется сложившейся в настоящее время неблагоприятной экологической обстановкой. Наряду с повышением продуктивности сельскохозяйственных угодий следует решать задачи рационального использования и охраны земельных и водных ресурсов, сохранения и повышения плодородия почв, защиту окружающей среды. При этом следует учитывать отрицательные последствия крупномасштабного строительства мелиоративных систем и прилагать все усилия к предотвращению возможного их проявления в связи с низким уровнем проектирования и эксплуатации систем.

Накопленный опыт проведения мелиоративных работ в ряде случаев свидетельствует об их негативном влиянии на качественный состав используемых водных ресурсов, на развитие процессов засоления, заболачивания и эрозии земель, на качество сельскохозяйственной продукции.

Для восстановления природно-ресурсного потенциала и повышения продуктивности мелиорированных земель необходимо проведение цикла работ по строительству новой или восстановлению существующей гидромелиоративной сети, культуртехнике, глубокой обработке почв, промывке орошаемых земель от засоления с применением различных видов химмелиорантов. Для обеспечения ускоренного проведения работ наиболее целесообразно восстановление открытой оросительной сети и применения дождевальной и поливной техники, работающей от этого типа сети. Вся техника, предназначенная для восстановления мелиорированных земель, должна обладать мобильностью и универсальностью.

В зависимости от степени и характера деградации земель и объемов работ по ликвидации её последствий срок восстановления природно-ресурсного потенциала составит от 2 до 5 лет.

Создание мобильных технологических мелиоративных комплексов должно быть предварено разработкой научно обоснованных исходных требований, направленных на регулирование факторов жизни растений (водный, воздушный, те-

пловой, газовый, питательный, солевой, микроклиматический и пр.) и включающих систему машин, рабочих органов и оборудования для реализации мелиоративных режимов, вопросы оперативного управления мелиоративными режимами с учетом формирующихся гидротермического, пищевого и солевого режимов почвы в течение вегетационного периода.

Одним из важнейших вопросов дальнейшего использования орошаемых земель является ликвидация их деградации. Наиболее простым решением при этом может быть применение мобильной поливной техники.

Технологический регламент работы оросительных систем предусматривает проведение операций по подготовке земель и оросительной сети, проведения поливов как чистой водой, так и с применением химмелиорантов и внесением больших доз растворимых минеральных удобрений. Регламент предназначен для проведения промывных и влагозарядочно-промывных поливов на деградированных землях.

Система машин для орошения на основе мобильных комплексов включает следующие варианты:

- двухконсольный дождевальная агрегат ДДА-100ВХ, оборудованный гидроподкормщиком, при работе от открытой сети и подаче воды передвижными насосными станциями;
- дальнеструйные дождевальные машины ДДН-70, ДДН-100, ДДП-50, ДДП-70 (с гидроподкормщиками) с питанием от открытой сети, разборных трубопроводов, гибких шлангов и подачей воды передвижными насосными станциями;
- колесные многоопорные трубопроводы ДКШ-64, ДКГ-80, ДКЭ-80 с забором воды от разборных трубопроводов и подачей передвижными насосными станциями, внесение удобрений и химмелиорантов – гидроподкормщиками ГПД-50;
- комплект импульсного микродождевания для внесения интегрированных растворов удобрений с поливной водой;
- комплекс мелкодисперсного дождевания для дозированного ввода макро- и микроудобрений и средств химизации с поливной водой;
- поливальщик передвижной агрегатный ППА-165У для полива по бороздам и забора воды из открытых каналов;
- агрегаты поливные передвижные ППА-300 и ППА-400 для полива по полосам и чекам при заборе воды из открытых каналов;
- трубопровод колесный для полива по бороздам ТКП – 90 с питанием от разборных трубопроводов и подачей воды передвижными насосными станциями, внесение удобрений – гидроподкормщиком ГПД – 50.

В случае необходимости внесения химмелиорантов с поливной водой во всех вариантах дополнительно предусматривается использование гидромелиоративной установки-дозатора ГУД-30.

При проведении поливов с применением технических средств орошения необходимо обеспечить производство мелиоративных работ на орошаемых землях с учетом экологических и ресурсных ограничений с целью защиты рас-

тений от засухи, поддержания водного, воздушного, солевого и питательного режимов почв.

При подготовке мелиорированных земель к поливу выполняют следующие работы:

- планировка дорог, площадок под оборудование, выравнивание трасс с высотой неровностей на поверхности почвы не более ± 7 см бульдозерами ДЗ-42Г, ДЗ-117, ДЗ-171,3, скреперами ДЗ-172.1 и ДЗ-11П, автогрейдерами ДЗ-122Б, ДЗ-143, планировщиками ППУ – 1;
- нарезка временных оросителей, выводных борозд для проведения промывных поливов каналокопателями МК – 23А, МК – 16, КЗУ – 0,3, ПР – 0,5;
- перевозка дождевальными и поливными машин и оборудования к месту работы автомашинами с прицепами ЗИЛ – 431510, ЗИЛ – 5301А0;
- монтаж машины, оборудования на участке полива или водозабора автокраном КС – 4572А;
- нарезка поливных борозд, их уплотнение приспособлением к культиватору КРН – 4А, бороздоделом БКН – 150, каналокопателями МК – 23А, МК – 16, КЗУ – 0,3.
- При проведении промывных поливов для удаления избытка солей из почвы путем растворения их водой и вымывания в нижние горизонты или дренажную сеть выполняют следующие работы:
- подача воды в открытую сеть передвижными или плавучими дизельными низконапорными насосными станциями типа СНП – 300/7, СНП – 240/30, СНПл – 240/30, СНП – 120/30, СНП – 150/5А, СНП – 50/80;
- полив и перемещение машин и агрегатов с позиции на позицию:
 - а) при орошении дождеванием нормой $m = 1000-1200 \text{ м}^3/\text{га}$ и проведении 2–3 дробных поливов дождевальными машинами типа ДДА-100ВХ, ДДН-70, ДДН-100, ДДП – 50, ДДП – 80, колесными трубопроводами ДКШ – 64, ДКГ – 80, ДКЭ – 80;
 - б) при поливе по бороздам нормой $m=2000-3500 \text{ м}^3/\text{га}$ поливальщиками передвижными агрегатными ППА-165У;
 - в) при поливе по полосам и чекам нормой $m=2000-3500 \text{ м}^3/\text{га}$ поливальщиками передвижными агрегатными ППА- 300 и ППА-400;
 - г) транспортировка, подготовка и внесение с водой химмелиорантов и больших доз минеральных удобрений с предварительным приготовлением маточных растворов заданной концентрации машинами для внесения жидких органических удобрений и агрегатов приготовления маточных растворов РЖУ – 3,6А, ЗАУ – 3, МВМ – 10, АРУП – 8, РУН-15Б, АИР-20.

Двухконсольный дождевальный агрегат ДДА-100ВХ полив проводит из открытой оросительной сети в движении.

Производство работ включает:

- планировку дорог и выравнивание трассы вдоль оросительных каналов, выполняется бульдозерами, скреперами самоходными или прицепными и автогрейдерами легкого и среднего типов;

- нарезку временных оросителей, которая производится каналокопателями типа МК-16, КЗУ-0,3;
- перевозку к месту работы автомобилями типа ЗИЛ – 130-80, ЗИЛ – 451510, КамАЗ – 5320, ЗИЛ – 5301АО, УАЗ – 3303-01, ГАЗ – 53-016;
- монтаж агрегата производится с помощью кранов типа КС-2561К, КС-4572 или КС-5473А;
- подача воды во временные оросители от водоисточника производится насосными станциями типа СНП-120/30, СНП-150/5А, СНП-240/30, СНПл-240/30;
- полив и перемещение двухконсольного дождевального агрегата ДДА-100ВХ производится самостоятельно;
- транспортировка, подготовка и внесение с водой мелиорантов и удобрений производится машинами РЖУ – 3,6, ЗАУ – 3, ГПС – 5, ВМВ – 10, АИР – 20;
- заравнивание временных оросителей осуществляется каналокопателем типа КЗУ – 0,3;
- перевозка к месту хранения осуществляется самостоятельно при установке фермы в транспортное положение. Консервация - снятие фермы с трактора осуществляется кранами типа КС-2561К, КС-4572 или КС-5473А.

Дальнеструйные дождевальные машины ДДН-70, ДДН-100, ДДП-50, ДДП-70 полив проводят позиционно с питанием от открытой оросительной сети, разборных трубопроводов, гибких шлангов с подачей воды передвижными насосными станциями.

Производство работ включает:

- планировку дорог вдоль оросительных каналов, выравнивание трасс для разборных трубопроводов или гибких шлангов выполняется бульдозерами, скреперами самоходными или прицепными и автогрейдерами легкого или среднего типов;
- перевозку поливной техники к месту работы производят автомобилями типа ЗИЛ-130-80, КамАЗ-5320, ЗИЛ – 5301 АО, ЗИЛ – 451510, ГАЗ – 33021; ЗИЛ – 5301 ГА и своим ходом;
- монтаж разборных трубопроводов, гибких шлангов и дождевальных машин производится с помощью кранов типа КС-2561К, КС-4572;
- подача воды от водоисточника производится насосными станциями типа СНП-120/30, СНПл-120/30, СНП-150/5А;
- укладка разборных труб осуществляется кранами типа КС-2561К, опрессовка трубопроводов - включением насосных станций с подачей напора на 25% большего, чем максимальный рабочий напор при поливе;
- полив и перемещение с позиции на позицию производится своим ходом;
- транспортировка, подготовка и внесение с водой мелиорантов и удобрений осуществляется во время полива машинами типа РЖУ-3,6, ЗАУ – 3, ГПС – 5, АРУП – 8, АИР – 20, РУН – 15Б;

- демонтаж на участке и погрузка разборных трубопроводов или гибких шлангов осуществляется кранами типа КС-2561К, КС – 4572, КС – 5473А;
- перевозка трубопроводов к месту хранения и консервация осуществляется автомобилями типа ЗИЛ-130-80, а дождевальными машин – своим ходом.

Колесные многоопорные трубопроводы ДКШ-64, ДКГ-80, ДКЭ-80 с забором воды от разборных трубопроводов и подачей передвижными насосными станциями осуществляют полив позиционно.

Производство работ включает:

- планировка дорог осуществляется бульдозерами на тракторах кл. 3-10 тс, скреперами самоходными или прицепными, автогрейдерами легкого или среднего типов;
- перевозку к месту работы осуществляют автомобилями типа ЗИЛ-130-80, КамАЗ-5320, ЗИЛ – 5301 ДО, ЗИЛ – 431510, ГАЗ – 33021; ЗИЛ – 5301 ГА;
- монтаж колесных многоопорных трубопроводов на участке производится с помощью кранов типа КС-2561К, КС-4572 или КС-5473А;
- подача воды от водоисточника производится передвижными насосными станциями типа СНПЭ – 100/100;
- укладка труб типа РТЯ – 220 осуществляется кранами типа КС 2561К, опрессовка трубопроводов – включением насосных станций с подачей напора на 25% большего, чем максимальный рабочий напор при поливе;
- полив и перемещение с позиции на позицию колесного трубопровода производится самостоятельно за счет гидро- или электропривода;
- внесение с водой мелиорантов и удобрений производится с помощью машин типа РЖУ-3,6, ЗАУ – 3, ГПС – 5, АРУП – 8, АИР – 20, РУН – 15Б;
- демонтаж на участке и погрузка осуществляется с помощью кранов типа КС-4572 или КС-5473А;
- перевозка к месту хранения осуществляется автомобилями типа ЗИЛ – 5301АО.

Поливальщик передвижной агрегатный ППА-165У для полива по бороздам и забора воды из открытых каналов.

Производство работ включает:

- планировку дорог и выравнивание трасс осуществляется бульдозерами на тракторах кл. 3-10 тс, скреперами самоходными и прицепными и автогрейдерами легкого и среднего типа;
- нарезка временных оросителей осуществляется каналокопателями типа МК-16, КЗУ – 03;
- перевозка к месту работы осуществляется автомобилями типа ЗИЛ-130-80, КамАЗ-5320, ЗИЛ – 5301ДО и своим ходом;
- разгрузка машины на участке производится с помощью кранов типа КС-2561К, КС-4572 или КС-5473А;
- нарезка поливных борозд и их уплотнение осуществляется приспособлением к культиватору КРН – 5А, бороздоделами БКН-150, МК-23А;

- подача воды от водоисточника производится передвижными насосными станциями типа СНП-15/5, СНП-120/30, УНП – 200/5 или самостоятельно агрегатом ППА – 165У;
- полив и перемещение с позиции на позицию производится своим ходом;
- внесение с водой агроулучшителей и удобрений производится с помощью машин типа РЖУ-3,6, ЗАУ – 3, ГПС – 5, АРУП – 8, АИР – 20, РУН – 15Б;
- выравнивание временных оросителей, выводных борозд производится каналокопателем КЗУ – 0,3;
- демонтаж оборудования на участке и погрузка осуществляется с помощью кранов типа КС-2561К;
- перевозка к месту хранения осуществляется автомобилями типа ЗИЛ-130-80, ЗИЛ – 5301АО.

Трубопровод колесный для полива по бороздам ТКП – 90 может быть применен в комплекте с разборными трубопроводами типа РТЯ – 220.

Производство работ включает:

- планировку дорог и выравнивание трасс осуществляется бульдозерами на тракторах кл. 3-10 тс, скреперами самоходными и прицепными и автогрейдерами легкого и среднего типа;
- перевозка к месту работы осуществляется автомобилями типа ЗИЛ-130-80, КамАЗ-5320, ЗИЛ – 5301ДО;
- монтаж машины на участке производится с помощью кранов типа КС-2561К, КС-4572 или КС-5473А;
- нарезка поливных борозд и их уплотнение осуществляется приспособлением к культиватору КРН – 5А, бороздоделами БКН-150, МК-23А;
- укладка трубопроводов типа РТЯ – 220 осуществляется кранами типа КС – 2 561К, КС – 4572, а опрессовка трубопроводов – машинами МВ – 2, МВ – 3;
- подача воды от водоисточника производится передвижными насосными станциями типа СНП-120/30;
- полив и перемещение с позиции на позицию производится своим ходом;
- внесение с водой агроулучшителей и удобрений производится с помощью машин типа РЖУ-3,6, ЗАУ – 3, ГПС – 5, АРУП – 8, АИР – 20, РУН – 15Б;
- выравнивание временных оросителей, выводных борозд производится каналокопателем КЗУ – 0,3;
- демонтаж оборудования на участке и погрузка осуществляется с помощью кранов типа КС-2561К;
- перевозка к месту хранения осуществляется автомобилями типа ЗИЛ-130-80, ЗИЛ – 5301АО.

Поливальщики передвижные агрегатные ППА–400 И ППА–300 предназначены для полива по бороздам и чекам при заборе воды из открытых каналов.

Производство работ включает:

- планировку дорог и выравнивание трасс осуществляется бульдозерами на тракторах кл. 3-10 тс, скреперами самоходными и прицепными и автогрейдерами легкого и среднего типа;

- нарезка временных оросителей осуществляется каналокопателями типа КЗУ – 0,3, МК-16;
- перевозка к месту работы осуществляется автомобилями типа ЗИЛ-130-80, КамАЗ-5320, ЗИЛ – 5301ДО;
- монтаж машины на участке производится с помощью кранов типа КС-2561К, КС-4572 или КС-5473А;
- подача воды от водоисточника производится передвижными насосными станциями типа СНП-500/10В, СНП-300/7, УНП – 300/5;
- устройство чеков и полос осуществляется валикоделателем ВД – 100, паллоделателем-разравнивателем ПР – 0,5А;
- полив и перемещение с позиции на позицию осуществляется ППА – 300 и ППА – 400 своим ходом;
- транспортировка, подготовка и внесение с водой мелиорантов и удобрений производится с помощью машин типа РЖУ-3,6, ЗАУ – 3;
- заравнивание временных оросителей и разравнивание валиков производится паллоделателем-разравнивателем ПР – 0,5А;
- демонтаж оборудования на участке и погрузка осуществляется с помощью кранов типа КС-2561К;
- перевозка к месту хранения осуществляется автомобилями типа ЗИЛ-130-80, ЗИЛ – 5301АО или своим ходом.

Технологические параметры гидроподкормщиков и дождевальных машин следует увязать между собой. Для машин позиционного действия устанавливают максимальную дозу внесения удобрений. В некоторых случаях эти дозы значительно превышают физиологически допустимые нормы. Поэтому, если заданы нормы внесения удобрений, можно пересчитать норму загрузки подкормщика на требуемую норму или эту же норму пересчитать по времени его включения в работу. При внесении удобрений с помощью агрегата ДДА-100МА следует учитывать такие параметры как длина бьефа, скорость движения агрегата, число проходов.

Для устранения возможного отрицательного влияния капитальных промывок на водно-физические и химические свойства почвы, вызываемого длительной фильтрацией, следует применять химические мелиоранты.

При сильном натриевом засолении почв, не содержащих значительных запасов гипса или карбонатов кальция, при промывке проявляется осолонцевание. Поэтому необходимо во время, главным образом в завершающую стадию, подавать в растворе с водой гипс, фосфогипс или другие содержащие кальций соли. Хороший эффект может быть достигнут внесением их в порошокобразном виде между тактами воды, например, при двустадийной промывке. Внесение местных химических мелиорантов в почву перед промывкой полезно, но их действие в начальный период ослабляется большими концентрациями натрия в почвенном растворе, что вызывает перерасход химического мелиоранта.

Нормы химических мелиорантов рассчитывают, исходя из допустимого после промывки содержания солей в почвенном поглощающем комплексе – 5 % поглощенного натрия в тяжелых почвах или 10 % - в легких по грануломет-

рическому составу сероземах. При капитальных промывках полезно заправлять почву некоторым избытком химического мелиоранта.

Внесение химических мелиорантов в дозе 100 – 300 кг/га в течение всего поливного сезона предотвращает осолонцевания почвы и ухудшения ее водно-физических свойств и, следовательно, повышает плодородие.

Химические мелиоранты целесообразно применять также для улучшения процессов фильтрации воды в почву, повышения фильтрационных свойств слабопроницаемых почв, а также улучшения химических свойств используемой для промывок воды. Кроме того, мелиоранты способствуют ускорению промытых почв и повышению их плодородия.

Особое внимание предварительному внесению солей, содержащих кальций, следует уделять при промывке с культурой риса. Это не только улучшает фильтрационные свойства почвы, предупреждает процессы осолонцевания и содопроявления, но и способствует повышению урожая риса.

Разработанные мобильные комплексы следует применять в зонах незначительного и недостаточного увлажнения с учетом рельефных, почвенных, гидрогеологических и гидрологических условий.

УДК 631.628.364

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ОРОШЕНИЯ

М.Ю. Храбров, А.С.Ермаков

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Внутрипочвенное орошение, способ орошения, при котором оросительная вода поступает в корнеобитаемый слой почвы из системы подпочвенных увлажнителей (водоводов). При этом обеспечивается равномерность полива, поддерживается влажность корнеобитаемого слоя почвы, сохраняется структура почвы, предотвращается появление на ней корки, снижается расход поливной воды и уменьшаются её потери на испарение с поверхности почвы, создаются условия для автоматизации всего технологического цикла орошения. Внутрипочвенное орошение применяют при возделывании овощных и плодовых культур на участках с ровным рельефом и хорошо водопроницаемыми незасоленными почвами, на склонах с рыхлым почвенным покровом, подстилаемым водонепроницаемыми или слабопроницаемыми грунтами. При внутрипочвенном орошении используют закрытые оросительные системы с оросительной сетью из трубопроводов. По способу подачи воды системы подразделяют на вакуумные, или адсорбционные, безнапорные и напорные. В вакуумных системах вода поступает к растениям под действием сил поверхностного натяжения (по мере расходования воды в трубах-увлажнителях создаётся вакуум, вследствие чего поддерживается их наполнение), в безнапорных - вследствие капиллярного движения воды, в напорных - искусственно создаваемого напора.

Системы внутрпочвенного орошения можно применять в степных, полупустынных и пустынных зонах при остром дефиците воды, для полива высококорентабельных сельскохозяйственных культур, а также вблизи населенных пунктов и животноводческих комплексов при использовании для орошения подготовленных городских сточных вод и животноводческих стоков.

Вода для полива, сточные воды, животноводческие стоки должны удовлетворять следующим требованиям: размеры твердых частиц не должны превышать 1 мм; мутность-0,04 г/л, минерализация - 1 г/л. При необходимости предусматривают отстойники или очистные сооружения.

Основными параметрами и элементами техники внутрпочвенного орошения являются - глубина заложения увлажнителей 45-55см с расстоянием между ними 100-150 см, оптимальная длина 100-200м при диаметре труб 16-32мм, расход воды в головной части увлажнителя 0,2-0,6 л/с при минимальном напоре 0,5 м- 1,5м.

К элементам режима орошения относятся единичная (удельная) поливная норма (объем воды в расчете на единицу увлажнителя, необходимый для образования в почве контура увлажнения с заданными параметрами), поливная норма, продолжительность полива.

Единичную поливную норму ($\text{м}^3/\text{м}$) следует вычислять по уравнению

$$m_{sh} = 0,65 d_w B(FC_1 - V_{01}), \quad (1)$$

где d_w - расчетная глубина промачивания почвы, м; B - средняя ширина полосы увлажнения, м; FC_1 - наименьшая влагоемкость 1 м^3 расчетного слоя почвы, $\text{м}^3/\text{м}^3$; V_{01} - объем влаги в одном м^3 того же слоя перед поливом, $\text{м}^3/\text{м}^3$, $V_{01} = 0,7- 0,8 C_1$.

Поливная норма в расчете на 1 га орошаемой площади, $\text{м}^3/\text{га}$,

$$m = 0,65 d_w B(FC_1 - V_{01}) l_h n_h, \quad (2)$$

где l_h - длина увлажнителя, м; n_h - число увлажнителей на одном гектаре.

Продолжительность полива (ч)

$$t = \frac{h_w}{\sum_1^i v_i} \quad (3)$$

где v_i - средняя скорость впитывания воды почвой за период времени от 1 до 12 ч при напоре до 1 м (определяют по кривым впитывания), м/ч.

При наличии экрана под увлажнителем коэффициент при d_w увеличивают на 10%.

Минимальная продолжительность межполивного периода (сут) для отдельных сельскохозяйственных культур составляет

$$D_{min} = m/d_{mw}, \quad (4)$$

где d_{mw} - среднесуточный дефицит водопотребления за декаду с максимальным за вегетацию водопотреблением, $\text{м}^3/\text{га}$ в сут.

В систему внутрпочвенного орошения входят: головной водозабор; водорегулирующий блок. Блок подачи в систему растворенных минеральных удобрений; распределительный трубопровод, разводящий воду по внутрпочвенным увлажнителям; внутрпочвенные увлажнители, подающие воду в кор-

необитаемый слой почвы; система датчиков, осуществляющих обратную связь и контролирующую создаваемый водный режим в почве. Увлажнители изготавливаются из пластмассовых труб, откуда вода поступает через отверстия-перфорацию.

ВПО является оптимальным способом утилизации сточных вод и животноводческих стоков, при котором возможно выращивание различных сельскохозяйственных культур.

Низконапорная система внутрпочвенного орошения предназначена для полива многолетних насаждений, в том числе сточными водами на почвах среднего и тяжелого механического состава преимущественно несложной конфигурации со слабоизрезанным рельефом и уклонами 0,05...0,2. В системе используется принцип безнапорной подачи воды в поливные трубопроводы, заложённые на глубине 0,4 м по уклону орошаемого участка. В них выполнены сквозные отверстия диаметром 12...14 мм.; в верхней стенке трубопровода (воздушное) - для связи внутренней полости трубопровода с атмосферой, а в донной части - для подачи воды в очаговые увлажнители. При поливе вода через выпускные отверстия поливных трубопроводов заполняет очаговые увлажнители до уровня воды в трубопроводе. Таким образом, во всех очаговых увлажнителях поддерживается слой воды, определяемый гидродинамическим напором. Очаговые увлажнители выполнены в виде пористых емкостей диаметром 200 мм. Расход воды, поступающей через очаговый увлажнитель в почву, зависит лишь от поглощательной способности почвы и геометрических размеров пористых емкостей.

Разработанная во ВНИИГиМ оросительная система (патент РФ №2119743) вакуумного внутрпочвенного орошения, предназначена для подачи воды растениям в соответствии с их потребностью. Оросительная сеть состоит из бака накопителя 1, сообщающегося с трубопроводом 2 через вакуумный клапан 3 и патрубка 4 с емкостями 5, в верхней части которых установлен поплавковый клапан 6, имеющий шаровые поплавки 7, а также отверстия 8 и 9. В нижней части емкость снабжена водовыпускным патрубком 10 (рис.1).

Работа оросительной системы осуществляется в следующей последовательности. Патрубок 10 емкости 5 заглубляют в почву в зоне расположения корней растения. Патрубок 4 подключают к водопроводящему трубопроводу 2. В баке 1 создают напор, превышающий сопротивление вакуумного клапана 3, по трубопроводу 2 и патрубку 4 вода поступает в емкость 5, при ее заполнении воздух вытесняется через клапан 6. После полного заполнения емкости 5 поплавков в клапане 6 всплывает и прижимается к седлу отверстия 8. После заполнения всех емкостей 5 давление в водоисточнике 1 уменьшают до уровня, обеспечивающего закрытие клапана 3. Расходование воды через патрубок 10 происходит по мере впитывания ее почвой. При этом происходит последовательный отбор воды из трубопровода 2 и емкостей 5 до создания в них разряжения. При этом поплавков 7 клапана 6 ложится на седло отверстия 9, препятствуя срыву вакуума в емкости 5. При достижении заданного уровня разряжения вакуумный клапан 3 открывается, и вода по трубопроводу 2 поступает в емкости 5. При их заполнении разряжение уменьшается, и клапан 3 закрывается. Таким образом,

предлагаемая оросительная система обеспечивает равномерную подачу воды в почву по мере необходимости в автоматическом режиме (вид А, рис.1).

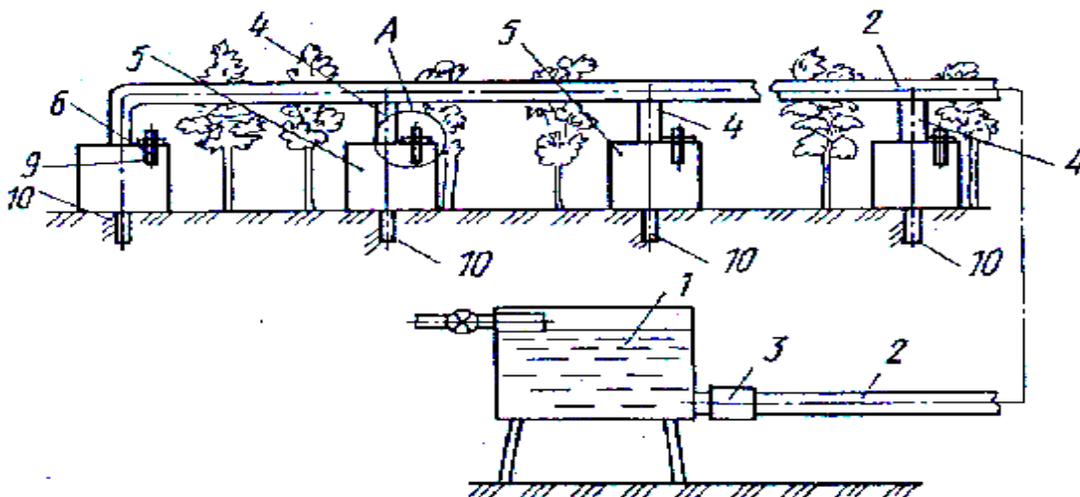
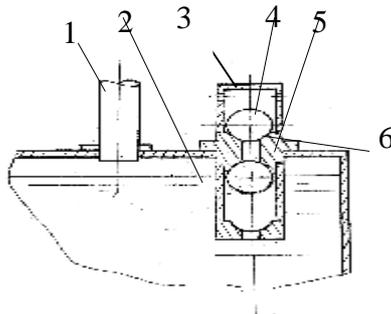


Рисунок 1 - Оросительная система:

1-водоисточник, 2-подводящий трубопровод, 3-вакуумный клапан, 4-патрубок, 5-емкость, 6-поплавковый клапан, 7-поплавок, 8- верхнее эластичное седло, 9-нижнее эластичное седло, 10- водовыпускной патрубком

Вид А



1 – патрубок; 2 – ёмкость; 3 – двухпозиционный поплавковый клапан; 4 – поплавок; 5 и 6 – отверстия эластичного седла

Конструкция не требует предварительной тонкой очистки воды, обеспечивает низкие энергетические затраты, создает наиболее благоприятный водно-воздушный режим почв, синхронизируя подачу воды с потреблением её растениями.

Для полива участков, обладающих почвенной пестротой и разной водопроницаемостью почвы разработана несколько иная конструкция системы внутрипочвенного орошения (пат.№2152710). В отличие от предыдущей, верхняя часть водовыпускного патрубка в предлагаемой нами конструкции размещена в емкости и имеет несколько отверстий, общая площадь которых не превышает площади сечения самого патрубка. Благодаря этому обеспечивается дифференцированное увлажнение почвы с учетом её водопроницаемости и исключается переполив. По мере понижения уровня воды в емкости водовыпускной патрубком оголяется, открывая при этом одно за другим отверстия и уменьшая площадь водопроходного сечения, вследствие чего уменьшается поступление воды в почву.

Для орошения сточными водами разработана конструкция системы внутрипочвенного орошения (патент РФ №2132125). Особенность конструкции представленной системы внутрипочвенного орошения утилизации сточных вод состоит в том, что с целью предотвращения заиливания трубопроводов и для активизации процесса окисления органического вещества, содержащегося в стоках, поливные трубопроводы выполнены из отдельных секций, соединяющих очаговые оросители, установленные вблизи растений. В начале каждой секции установлена диафрагма с воздушной трубкой, с помощью которой осуществляется аэрация поливного тока. При этом в трубопроводах создаётся безнапорный ток сточных вод.

Система включает источник сточных вод, подводящий трубопровод, распределительный трубопровод 1, регуляторы расхода 2, установленные в начале поливных трубопроводов 3, трубопроводы 3 состоят из секций, соединяющих собой очаговые перфорированные оросители 4. На входе каждой секции 7 установлена диафрагма 5 с воздушной трубкой 6. Перфорированные оросители снабжены крышкой 12 и водонепроницаемым экраном 8. Последняя секция 7 подключена к подводящему коллектору 10.

Сочетание безнапорного тока с заданным уклоном обеспечивает движение стоков с незаиляющей скоростью, а установка диафрагм с воздушными трубками производит аэрацию потока и активизацию окислительного процесса илистой фракции, что предотвращает заиливание трубопроводов при орошении сточными водами.

Литература

1. Григоров М.С. Внутрипочвенное орошение. М.: Колос, 1983. -с.128 .
2. Григоров М.С. Основы внутрипочвенного орошения. М.: ТСХА. 1993. с. 107.
3. Григоров М.С. Техника подпочвенного полива и ее теоретическое обоснование.// Труды ВСХИ. Том 51, 1976. - 3 - 14 С.
4. Дубенок Н.Н. Рекомендации по разработке ресурсосберегающих технологий на мелиорированных склоновых землях. М.: ТСХА, 1991.
5. Дубенок Н.Н. Ресурсосберегающие режимы орошения с/х культур на склоновых землях.// Тезисы докладов Международной конференции по мелиорации. Херсон., 1993.
6. Кирейчева Л.В. и др. Основные принципы классификации орошаемых земель в свете разработки мелиоративного кадастра.// Совершенствование методологии выбора оптимальных параметров мелиоративных систем при разработке мелиоративного кадастра.// Труды ВНИИ-ГиМ. М., 1982. -29-40 С.
7. Полубаринова-Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод. М., Наука. 1977. С.664.

УДК 631.67 (470.45)

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ОРОШЕНИЯ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР

А.Д. Ахмедов, С.И. Богданов

Государственная сельскохозяйственная академия, Волгоград, Россия

В настоящее время в условиях Нижнего Поволжья важное значение имеет дальнейшее освоение и улучшение использования пойменных земель, в первую очередь - Волго-Ахтубинской поймы.

Пойменные земли отличаются большим разнообразием и неоднородностью, обусловленными своеобразным режимом увлажнения, обвалованием, характером почв, степенью окультуренности, расчленённостью и другими условиями. С учётом всех особенностей в использовании земель Волго-Ахтубинской поймы сложилось четыре основных направления.

Первое направление - обвалование участков, т.е. строительство искусственных ограждений против затопления во время разлива с организацией орошения на обвалованной территории. На таких участках при орошении получают с 1 га до 100 т томатов, 60-70 т капусты, 20-30 т картофеля. В садах собирают до 25 т/га яблок, а от виноградников получают свыше 10 т/га винограда. Высокие урожаи на пойменных землях дают люцерна (до 15-20 т/га сена), кукуруза (до 80-100 т/га зелёной массы) и другие кормовые культуры. Применение промежуточных посевов позволяет получать два урожая кормовых культур с суммарным сбором зелёной массы до 50-120 т/га.

Второе направление - проведение «послеспадовых» посевов без дополнительного орошения. За счёт естественной влагозарядки без вегетационных поливов имеется возможность выращивать по «баклугам» (пересыхающим ерикам, озёрам и другим понижениям) картофель, а на более повышенных участках - кукурузу, сорго и их смеси с суданской травой.

Третье направление - послеспадовые посевы с организацией дополнительных вегетационных поливов из местных водных источников. Набор культур для размещения на временно заливных землях определяется сроками освобождения площади от затопления и хозяйственными потребностями. Это овощные, картофель, кукуруза и др.

Четвёртое направление - использование естественных сенокосов и пастбищ. В Волго-Ахтубинской пойме эти угодья занимают 62 % всей площади. Продуктивность естественных сенокосов и пастбищ во многом определяется режимом затопления, погодными условиями, видовым составом травостоя. В годы с многоводным половодьем заливаются большие площади, и сбор сена увеличивается, в годы с низким паводком урожайность зелёной массы на незатопляемых участках обычно составляет 2-3 т/га и идёт она чаще на выпас скоту.

С целью воссоздания естественных условий увлажнения поймы через Волгоградский гидроузел осуществляется регулярное проведение весеннего пуска воды в интересах сельского и рыбного хозяйства. Для более рационального использования всех сельскохозяйственных угодий необходимо создание специальных водопроводящих сооружений с головными насосными станциями на Волге. Они должны обеспечивать интенсивную подачу воды в пойму в течение короткого времени затопления (5-6 суток), а также в послеспадовый период для орошения сельскохозяйственных культур.

В последние годы в пойме обострились экологические и мелиоративные проблемы. В результате водной и ветровой эрозии почва теряет свое плодородие, ухудшались гидрологические условия. Применение минеральных удобрений в больших количествах существенно загрязняет окружающую среду и выращиваемую сельскохозяйственную продукцию и т. д. Поэтому особенно важно заранее предусмотреть и предупредить возможные отрицательные последст-

вия.

При энерго-экономической оценке одним из перспективных способов полива считается внутрпочвенное орошение. Особенностью внутрпочвенного орошения является то, что передвижение влаги в почвогрунтах происходит не сверху вниз, как при других способах орошения, а в радиальных направлениях от оси увлажнителя, в основном снизу вверх - за счет восходящего передвижения влаги. Использование данного способа орошения позволяет создать оптимальный водно-воздушный режим почвы, сохранить её структуру и улучшить аэрацию, обеспечить наиболее благоприятное для растений капиллярное увлажнение почвы.

Показателями экономической эффективности являются: увеличение стоимости валовой продукции, снижение себестоимости и срока окупаемости, прирост чистого дохода, рост производительности труда и рентабельности.

Экономическая эффективность в орошении определяется с учетом затрат на мелиорацию земель и агротехнику при выращивании сельскохозяйственных культур.

В расчетах для ВПО при определении оплаты труда на поливе учитывается опыт эксплуатации участков ВПО в России и других странах. Капитальные вложения принимаются с учетом существующих смет на строительство орошаемых участков и с учетом нормативной стоимости строительства систем орошения для объектов разных регионов. Затраты поливной воды определяются согласно принятому режиму орошения кормовых культур при дождевании и ВПО.

Оплата труда при дождевании больше, чем при ВПО на 50-60 %. Это объясняется тем, что при ВПО такие работы, как нарезка и отчистка временных оросителей, обкос каналов, полив дождевальными машинами и др. не требуются. Колебания оплаты труда по различным вариантам ВПО зависят, в основном, от оплаты транспортировки кормовых культур с поля до места выгрузки при различной урожайности. В оплате труда во всех случаях также учитываются доплаты за продукцию, качество и сроки, классность, стаж и др.

Амортизационные отчисления при расчете экономической эффективности возделывания кукурузы и суданской травы на зеленую массу приняты 5 %, а на дождевальную технику - 14,2 %; расходы на текущий ремонт - соответственно 3 и 8 %. Кроме этого, учитываются амортизация и текущий ремонт при работе сельскохозяйственной техники во время проведения агротехнических мероприятий; при дождевании учитывается также текущий ремонт временных оросителей.

Расходы на горюче-смазочные материалы при использовании машин ДДА- 100 МА больше в 3 раза, чем при ВПО, так как значительная часть их расходуется на работу дождевальных машин.

Затраты труда при ВПО почти в 2 раза меньше, чем при дождевании. На проведение поливов при дождевании затрачивается в сезон 28 чел.- час на 1 га; значительные затраты рабочего времени требуются также на нарезку временных оросителей и уход за ними.

Для примера приведем определение экономической эффективности люцерны на зеленый корм на участке ВПО в сравнении с дождеванием (табл. 1).

Таблица 1 - Экономическая эффективность (в расчете на 1 га) возделывания люцерны на зеленый корм

| Показатели | Внутрипочвенное орошение | | Дождевание ДДА-100МА |
|---------------------------------------|--------------------------|---------|-------------------------|
| | В=1,5 м* | В=2,0 м | |
| Урожайность, т | 90,1 | 73,2 | 74,4 |
| Стоимость валовой продукции, руб | 9911 | 8052 | 8184 |
| Себестоимость 1т зеленой массы, руб | 3,91 | 4,82 | 7,34 |
| Ежегодные затраты, руб | 352,5 | 292,5 | 546,0 |
| в т. ч. оплата труда, руб | 70,5 | 58,5 | 109,2 |
| Налоги | 22,56 | 18,72 | 34,94 |
| Затраты поливной воды, м ³ | 2573 | 2573 | 2920 |
| Продуктивность поливной нормы | 3,5 | 3,12 | 2,80 |
| Затраты труда, чел./ч.:всего | 23,5 | 19,5 | 36,4 |
| Чистый доход, руб | 9558,5 | 7759,5 | 7638,0 |
| Капитальные вложения, руб | 47000 | 43000 | 40000 |
| Срок окупаемости, лет | 4,9 | 5,5 | 5,2 |

*Примечание: В – расстояние между увлажнителями

Капитальные вложения при ВПО больше, чем при дождевании, на 20-40 %. так как основную часть их - до 40-45 % составляет стоимость увлажнителей, которая зависит от межувлажнительного расстояния при одинаковом материале труб.

Коэффициент энергетической эффективности, который представляет собой отношение энергии, полученной в хозяйственной части урожая (Е_п), к не расходуемой на производство этого урожая совокупной энергии (Е), определяется по формуле

$$K_{ээ} = E_{п}/E.$$

В результате расчетов было выявлено, что в структуре затрат совокупной энергии наибольшие (до 70 %) расходы идут на оборотные средства (топливо, удобрения, гербициды, электроэнергия и семена). Наиболее энергоемкими оказались затраты совокупной энергии трудовых ресурсов и основных средств, доля которых в общих затратах энергии на производство люцерны не превышала соответственно 25 и 16 %.

На посевах люцерны второго года жизни коэффициент энергетической эффективности колебался от 2,53 до 2,82 (табл. 2).

На посевах люцерны третьего года жизни был получен урожай меньше, чем второго года, что и привело к уменьшению энергии в урожае. Коэффициент энергетической эффективности при дождевании составил 2,63, при ВПО колебался от 2,51 до 2,63. В среднем коэффициент энергетической эффективности снизился на 9,8 %.

Анализируя данные таблицы 2, необходимо отметить, что с увеличением предполивного порога с 60 до 80 % НВ как по годам исследований, так и в среднем за три года наблюдается рост затрат совокупной энергии от применения машин и оборудования.

Проводимые расчеты по оценке биоэнергетической эффективности возделывания люцерны в Волго-Ахтубинской пойме при различных способах полива показали, что все варианты опытов являются энергосберегающими, так как отношение энергии, накопленной в биомассе урожая, к затраченной совокупной энергии во всех случаях превышает единицу.

Таблица 2 - Энергетическая оценка возделывания люцерны по вариантам опыта

| Предполивная влажность почвы, % НВ | Затраты совокупной энергии, МДж/га | Содержание энергии в урожае, МДж/га | Коэффициент энергетической эффективности |
|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|
| 2-й год. | | | |
| Дождевание (ДДА – 100МА) | | | |
| 80 | 105288,3 | 281120 | 2,67 |
| ВПО | | | |
| 80 | 104301,3 | 294925 | 2,82 |
| 70 | 104039,0 | 279865 | 2,69 |
| 70 | 102968,7 | 261040 | 2,53 |
| 3-й год | | | |
| Дождевание (ДДА – 100МА) | | | |
| 80 | 104638,2 | 276100 | 2,63 |
| ВПО | | | |
| 80 | 103993,1 | 288650 | 2,77 |
| 70 | 103855,2 | 276099 | 2,65 |
| 60 | 102453,7 | 257725 | 2,51 |

Таким образом, проведенные нами расчеты энерго-экономической эффективности ВПО по фактическим данным и их анализ показывают, что ВПО на современном этапе является высокоэффективным и рентабельным способом орошения. Экономия поливной воды составляет 30-40 %, трудовые затраты снижаются в 1,6 раза, а урожайность кормовых культур повышается на 18-28 % по сравнению с дождеванием (ДДА - 100 МА). Среди изучаемых способов полива люцерны по вариантам опыта самую высокую эффективность имеет ВПО при поддержании предполивного порога влажности не ниже 80 % НВ. При этом коэффициент энергетической эффективности составляет 2,77 - 2,82.

УДК 613.675

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЛИЯНИЯ ПОЛИВОЙ НОРМЫ НА ДИНАМИКУ ФОРМИРОВАНИЯ КОНТУРА УВЛАЖНЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНСТРУКЦИИ УВЛАЖНИТЕЛЯ

А.Д. Ахмедов

Государственная сельскохозяйственная академия, Волгоград, Россия

На распределение влаги в почвенном профиле существенное влияние оказывает величина поливной нормы. Поэтому в наших исследованиях была поставлена

цель: раскрыть качественную и количественную стороны распределения воды в почвенном профиле в продольных и поперечных направлениях линии увлажнителя.

Изучение контуров увлажнения в зависимости от поливных норм проводилось на опытно-полевой установке.

Поступление оросительной воды у увлажнителей происходит под напором через стыки трубки и далее из щелей между экранами сначала вверх и в стороны, а затем вниз.

Для характеристики динамики контуров увлажнения в процессе внутрипочвенного орошения определяли коэффициенты их вертикального распространения K_v и формы K_f . Коэффициент K_f представляет собой отношение распространения контура увлажнения вверх (a_1) и вниз (a_2) от оси увлажнителя; K_v - отношение вертикального диаметра контура увлажнения D_v к горизонтальному D_g (рис. 1). Следовательно, с увеличением K_v уменьшаются потери оросительной воды на фильтрацию, а уменьшение величины K_f указывает на возможность увеличения расстояния между увлажнителями. Рассчитанные нами коэффициенты вертикального распространения K_v и коэффициенты формы K_f представлены в таблице 1.

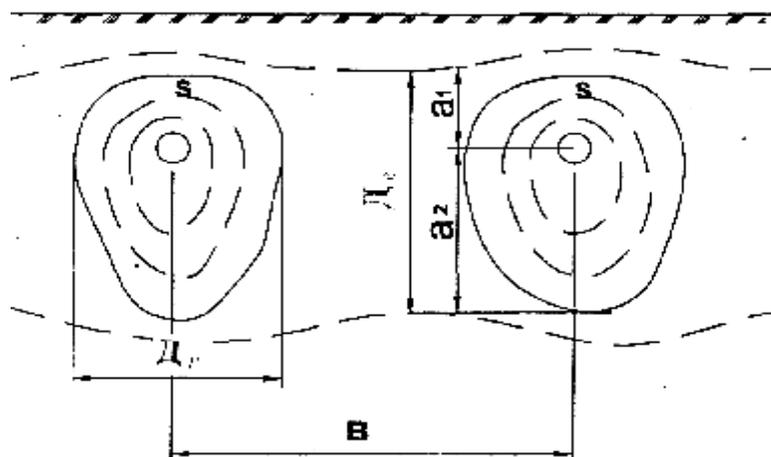


Рисунок 1 - Параметры контура увлажнения:

D_v - высота контура увлажнения, м; D_g - ширина увлажнения, м; a_1 и a_2 - верхняя и нижняя полуоси контура увлажнения, м; B - расстояние между увлажнителями, м; S - площадь контура увлажнения, м²

Анализ полученных данных показывает, что с уменьшением поливной нормы коэффициент K_v несколько увеличивается, а K_f уменьшается. Так, при поливе нормой 600 м³/га коэффициент вертикального распространения контура увлажнения K_v равнялся 0,60, при 350 м³/га - 0,62. Площадь контуров увлажнения S при этом также уменьшается.

Через сутки после полива отмечено уменьшение K_v и увеличение K_f и площади контуров увлажнения. Горизонтальное распространение увлажненного контура D_g увеличилось при $m = 600$ м³/га на 0,11 м, при $m = 350$ м³/га - на 0,05 м. При поливной норме 600 м³/га K_v уменьшился до 0,44, K_f повысился до

0,72, а площадь контура возросла до 1,07 м², при норме 350 м³/га эти показатели составили соответственно: 0,45; 0,70 и 0,77 м².

Таблица 1- Влияние поливной нормы на распространение контура увлажнения (увлажнители из гончарных труб)

| Время после полива, сут. | Параметры контуров увлажнения | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|----------------|-------------------|
| | a ₁ , м | a ₂ , м | D _ε , м | D _г , м | K _ε | K _φ | S, м ² |
| Поливная норма 600 м ³ /га | | | | | | | |
| 0 | 0,29 | 0,48 | 0,77 | 1,16 | 0,60 | 0,66 | 0,78 |
| 1 | 0,28 | 0,64 | 0,92 | 1,27 | 0,44 | 0,72 | 1,07 |
| 3 | 0,19 | 0,67 | 0,86 | 1,06 | 0,28 | 0,81 | 0,87 |
| 5 | 0,09 | 0,36 | 0,45 | 0,60 | 0,25 | 0,75 | 0,26 |
| 7 | 0,03 | 0,13 | 0,16 | 0,29 | 0,23 | 0,55 | 0,04 |
| Поливная норма 350 м ³ /га | | | | | | | |
| 0 | 0,25 | 0,40 | 0,65 | 1,05 | 0,62 | 0,61 | 0,58 |
| 1 | 0,24 | 0,53 | 0,77 | 1,10 | 0,45 | 0,70 | 0,77 |
| 3 | 0,17 | 0,58 | 0,75 | 0,94 | 0,29 | 0,79 | 0,67 |
| 5 | 0,08 | 0,32 | 0,40 | 0,56 | 0,25 | 0,71 | 0,21 |
| 7 | 0,03 | 0,11 | 0,14 | 0,26 | 0,27 | 0,54 | 0,03 |

Через 3 суток после полива при поливной норме 600 м³/га отмечено уменьшение коэффициента вертикального распространения, в основном в результате снижения влажности в слое почвы, расположенном выше оси увлажнителя. В нижележащих слоях почвы отмечена стабилизация контура увлажнения по вертикали. Ширина его по сравнению с предыдущими замерами уменьшилась на 0,21 м. Аналогичная картина наблюдалась и при поливной норме 350 м³/га.

В дальнейшем (через 5 суток после полива) в обоих случаях коэффициент вертикального распространения был одинаковым, равным 0,25; горизонтальное распространение контуров уменьшилось почти в два раза по сравнению с предыдущим периодом. Значительно уменьшилась площадь контуров увлажнения: при поливной норме 600 м³/га - до 0,26 м² и при 350 м³/га - до 0,21 м².

Через 7 суток после полива контур увлажнения фиксировался лишь вокруг увлажнителей: D_в составлял не более 0,16 м и D_г - 0,29 м. Площадь контуров увлажнения не превышала 0,03-0,04 м² в зависимости от поливной нормы.

Оценивая динамику формирования контуров увлажнения в зависимости от поливных норм, необходимо отметить, что увеличение поливной нормы (с 350 до 600 м³/га) позволяет несколько увеличить расстояние между увлажнителями (на 0,10-0,15 м) за счет возрастания абсциссы увлажнения. При этом увеличивается площадь контура увлажнения.

Сравнивая коэффициенты вертикального распространения и формы контуров увлажнения при поливных нормах 350 и 600 м³/га, следует отметить, что

оптимальными они являются при меньшей поливной норме. Это объясняется тем, что при увеличении поливной нормы возрастают потери воды на глубинную фильтрацию и уменьшаются значения K_B , что нежелательно при внутрипочвенном орошении.

Изучение динамики формирования контуров увлажнения при ВПО яблоневого сада (II участок) через 1, 3, 5, 7 суток после полива показывает, что площадь контура увлажнения за счет увеличения всех его параметров достигает наибольшего значения через 1 сутки (табл. 2). Наиболее интенсивно при этом возрастают нижняя вертикальная полуось и горизонтальная, расположенная ближе к дереву.

Через 3 суток после полива отмечено уменьшение параметров контура увлажнения на 9,7-14,9 % за счет уменьшения ширины контура и его верхней полуоси. Однако нижняя полуось продолжает расти, что обусловлено преобладанием гравитационного передвижения влаги над капиллярным. Следует заметить, что различная концентрация корней в горизонтальном направлении оказывает некоторое влияние на скорость изменения левой и правой полуосей контура.

Таблица 2 - Влияние поливной нормы на динамику формирования контура увлажнения после полива (полиэтиленовые увлажнители)

| Время после полива, сут | Параметры контура увлажнения | | | | | | |
|---------------------------------------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------|
| | a_1 , м | a_2 , м | D_B , м | b_1 , м | b_2 , м | D_G , м | S , м ² |
| Поливная норма 210 м ³ /га | | | | | | | |
| 0 | 0,37 | 0,91 | 1,28 | 0,84 | 0,98 | 1,82 | 1,83 |
| 1 | 0,41 | 0,97 | 1,38 | 0,86 | 1,06 | 1,92 | 2,08 |
| 3 | 0,34 | 0,99 | 1,33 | 0,79 | 1,05 | 1,84 | 1,88 |
| 5 | 0,15 | 0,54 | 0,69 | 0,43 | 0,42 | 0,85 | 0,46 |
| 7 | 0,07 | 0,19 | 0,26 | 0,20 | 0,16 | 0,36 | 0,07 |
| Поливная норма 165 м ³ /га | | | | | | | |
| 0 | 0,345 | 1,02 | 1,365 | 0,94 | 1,03 | 1,97 | 2,10 |
| 1 | 0,37 | 1,11 | 1,48 | 0,97 | 1,08 | 2,05 | 2,38 |
| 3 | 0,29 | 1,14 | 1,43 | 0,88 | 1,05 | 1,93 | 2,17 |
| 5 | 0,13 | 0,58 | 0,71 | 0,42 | 0,47 | 0,83 | 0,48 |
| 7 | 0,06 | 0,20 | 0,26 | 0,18 | 0,17 | 0,35 | 0,7 |
| Поливная норма 110 м ³ /га | | | | | | | |
| 0 | 0,285 | 1,14 | 1,425 | 0,92 | 1,015 | 1,935 | 2,16 |
| 1 | 0,30 | 1,22 | 1,52 | 0,94 | 1,07 | 2,01 | 2,39 |
| 3 | 0,23 | 1,24 | 1,47 | 0,82 | 0,98 | 1,80 | 2,08 |
| 5 | 0,11 | 0,65 | 0,76 | 0,42 | 0,39 | 0,81 | 0,48 |
| 7 | 0,055 | 0,21 | 0,265 | 0,19 | 0,17 | 0,36 | 0,075 |

Примечание: b_1 , - полуось в направлении междурядья деревьев, b_2 – полуось в направлении к ряду деревьев

Большая насыщенность почвенного профиля корнями деревьев приводит к незначительному снижению скорости уменьшения соответствующих размеров увлажненной области.

Это объясняется действием сосущей силы корневой системы растений, а также способностью корней перемещать влагу из более насыщенного почвенного слоя к менее насыщенному. По истечении 5 суток после окончания полива горизонтальная полуось контура, расположенная в области большей концентрации корней, начинает значительно уменьшаться, что обусловлено транспирацией влаги корнями деревьев. Значение горизонтальной полуоси, расположенной в направлении междурядья, наоборот, в связи с меньшей плотностью корневой системы снижается менее интенсивно. Уменьшение параметров контура увлажнения наблюдается также и в вертикальном направлении, в целом, площадь увлажненной области снижается более чем на 50 %. Аналогичная тенденция сохраняется и по истечении 7 суток после окончания полива.

Изучая динамику контуров увлажнения при различных поливных нормах и значениях начальной влажности, экспериментальные зависимости полуосей от времени мы аппроксимировали с помощью уравнения:

$$y = C_0 t^{C_1} + C_2,$$

где y – исследуемая полуось контура увлажнения, м; t – время после полива, сут; C_0, C_1, C_2 – коэффициенты.

Математическая обработка опытных данных проводилась на ЭВМ с помощью системы MATCAD. В результате корреляционно-регрессионного анализа получены аппроксимирующие зависимости параметров контуров увлажнения от времени после окончания полива.

При поливной норме $m=210$ м³/га и начальной влажности $W_0=65\%$ НВ:

$$a_1 = -0,042 \cdot t^{1,157} + 0,46, \quad r = 0,983;$$

$$a_2 = -0,013 \cdot t^{2,17} + 1,028, \quad r = 0,98;$$

$$b_1 = -0,031 \cdot t^{1,618} + 0,914, \quad r = 0,986;$$

$$b_2 = -0,041 \cdot t^{1,657} + 1,156, \quad r = 0,961;$$

При поливной норме $m=165$ м³/га и начальной влажности $W_0=75\%$ НВ:

$$a_1 = -0,042 \cdot t^{0,996} + 0,431, \quad r = 0,983;$$

$$a_2 = -0,013 \cdot t^{2,08} + 1,185, \quad r = 0,98;$$

$$b_1 = -0,031 \cdot t^{1,49} + 1,049, \quad r = 0,986;$$

$$b_2 = -0,041 \cdot t^{1,721} + 1,163, \quad r = 0,961;$$

При поливной норме $m=110$ м³/га и начальной влажности $W_0=85\%$ НВ:

$$a_1 = -0,042 \cdot t^{0,921} + 0,355, \quad r = 0,983;$$

$$a_2 = -0,013 \cdot t^{2,114} + 1,13, \quad r = 0,98;$$

$$b_1 = -0,031 \cdot t^{1,397} + 1,017, \quad r = 0,986;$$

$$b_2 = -0,041 \cdot t^{1,396} + 1,178, \quad r = 0,961;$$

Вычисленные значения коэффициентов корреляции близки к 1, что указывает на весьма тесную связь между эмпирическими и теоретическими значениями признака. Таким образом, полученные аппроксимирующие зависимости могут использоваться для определения границ области увлажнения после окончания полива.

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВОЕНИЕ СПОСОБОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ ПРИ ОРОШЕНИИ

А.С. Корляков, В.С. Носовский

ФГУП «ДальНИИГиМ», Владивосток, Россия

С целью обеспечения рационального использования рисовых земель под сою произведено устройство увлажнительно-осушительной системы для двустороннего регулирования водного режима почв. Система включает бестраншейные дрены-увлажнители, выполненные из пластмассовых гофрированных дренажных труб диаметром 50 мм, уложенных бестраншейным способом через 4, 5 и 6 метров на глубину 0,9-1,0 м. Эти системы обеспечивают необходимое осушение рисовых земель и внутрпочвенное орошение посевов сои в засушливые периоды.

Научная и практическая значимость работы определяется следующим. При внутрпочвенном орошении (ВПО) вода подается непосредственно к корням растений. Основу ВПО составляет капиллярная влага, легко доступная для растений. Глинистые почвы могут удерживать в подвешенном состоянии большие объемы капиллярной влаги. Для суглинистых почв высота капиллярного подъема составляет 1,5-3,0 м. Для устройства внутрпочвенных увлажнителей использовали полиэтиленовые трубки. При такой конструкции системы вода поступает через отверстия перфорации в увлажнителях. При этом не нарушается структура почвы, не образуется корка. Перспективность этого способа орошения заключается в возможности регулирования в оптимальных пределах водно-воздушного режима почвы. Этот режим орошения позволяет полностью механизировать полив и экономно расходовать воду. Внутрпочвенное орошение обладает высокой эффективностью, затраты на строительство системы ВПО с использованием полиэтиленовых трубок при бестраншейном способе укладки незначительные, срок окупаемости – 3-4 года.

Системы внутрпочвенного орошения применяют с соблюдением следующих требований: уклон местности по длине увлажнителей должен быть не более 0,01; почвы тяжелые по гранулометрическому составу со скоростью капиллярного поднятия не менее 0,5 мм/мин. Глубина закладки дренажных увлажнителей от 0,4 до 0,6 м; расстояние между увлажнителями на тяжелых почвах – 2 м; максимальная глубина увлажнителей – до 250 см.

Большинство исследователей считают, что напоры воды во внутрпочвенных увлажнителях не должны превышать глубины их закладки на 5-10 см, а практически применяются напоры 0,2-0,4 м над осью увлажнителей.

Характер увлажнения почвы, в значительной степени, зависит от способа подачи воды в увлажнители. При безнапорном поливе поступление воды из увлажнителя в почву обуславливается ее всасывающей способностью, капиллярными свойствами. Контур увлажнения почвы в процессе безнапорного полива будет представлять эллипс, вытянутый вниз, при напорном поливе – форму круга, несколько вытянутого в горизонтальном направлении.

При исследовании эффективности внутрипочвенного орошения из полиэтиленовых труб с перфорацией малого диаметра установлено, что величина напора в увлажнителях должна быть не более 0,7 м водяного столба, диаметр перфорации 0,5-0,7 мм, расстояние между увлажнителями следует принимать не более 5 м, диаметр увлажнителя – 50 мм. Продолжительность подъема уровней верховодки до нижней границы пахотного горизонта в период внутрипочвенного орошения на вариантах с расстояниями между увлажнителями 1,0; 1,5; 2,0 и 2,5 м составила - 0,5 суток, а при расстоянии 4,5 и 7,3 м – 2-4 суток.

Конструкция модульной рисовой карты Приморского края позволяет путем устройства бестраншейных пластмассовых дрен-увлажнителей проводить двустороннее регулирование режима влажности почв - основной сопутствующей культурой рисового севооборота является соя. Орошение сои в рисовом севообороте будет иметь высокую экономическую эффективность, так как при этом используются элементы без увеличения их расчетных параметров. Экспериментальные данные показывают, что оросительный период сои приходится на июнь, июль, август, когда оросительная сеть работает с нагрузкой, составляющей 40-50% от расчетной, определяемой периодом первоначального затопления рисового поля в мае.

В настоящее время имеется в достаточном количестве производственных и экспериментальных данных по обоснованию параметров систем внутрипочвенного орошения. В 1992 г. осуществлено строительство опытно-производственной дренажной системы на 34 распределителе Сиваковской рисовой оросительной системы (РОС). На модульном чеке РОС площадью 8,8 га была построена закрытая коллекторно-дренажная система из пластмассовых труб диаметром 50 мм, заложенных бестраншейным способом с применением дреоукладчика МД-12 с расстоянием 5,0, 7,5 и 10,0 м, а на другом чеке площадью 7,5 га варианты по расстоянию между дренами составили 4,0, 5,0 и 6,0 метров. В 1993 г. заложен дренаж на модульной карте 39 распределителя Сиваковской РОС на площади 48 га с расстоянием между дренами 5,0 м.

На экспериментальных дренажных системах Сиваковской РОС проводились исследования по обоснованию следующих параметров: расстояние между дренами – увлажнителями и глубине их заложения. В дальнейших исследованиях необходимо обратить внимание на внесение корректив в режим орошения. Возможно, окажется более целесообразным полив по бороздам на фоне густой сети дрен (он, как выявлено нами, на осушаемых землях гарантирует удаление гравитационной воды из пахотного слоя после полива по бороздам практически в течение 1,0-1,5 суток). Исследования по отработке рациональных приемов двустороннего регулирования водного режима рисовых почв остаются также актуальными.

Внутрипочвенное увлажнение по дренам по сравнению с дождеванием отличается дешевизной, большой экономией воды, высокой производительностью, простотой конструкции и надежностью при эксплуатации системы. В природоохранном отношении данный прием также имеет целый ряд преимуществ; обеспечивается пониженный вынос веществ и элементов с дренажным

стоком, исключается ирригационная эрозия почв и повреждаемость посевов устройствами для выполнения поливов.

В ДальНИИГиМ за последние 10 лет ведется работа по совершенствованию комплекса технических и агротехнических элементов, адаптации и внедрению гребневого посева сои на РОС Приморского края. Гребневание почвы предназначается для предотвращения вымокания культурных растений, сохранения корнеобитаемого слоя в рыхлом состоянии при высыхании после переувлажнения, увеличении его глубины с 18-20 см на ровной пашне до 25-30 см. Период переувлажнения в Приморье приходится на август – сентябрь и ему почти ежегодно предшествует засуха. Например, в Спасском районе в период весна – первая половина лета отношение осадков к испарению равняется 0,66, а в период август – сентябрь – достигает 1,9. Запасы воды пахотного слоя даже в случае осеннего или ранневесеннего насыщения невелики, в слое 0-20 см содержится - 60-70 мм продуктивной влаги и при отсутствии осадков растения испытывают ее дефицит. Все исследователи и практики, занимавшиеся системой гребневого выращивания растений, в качестве ее достоинства отмечают способность гребней сохранять влагу лучше, чем ровная поверхность, создавать большие запасы влаги при выпадении дождей. Мощный рыхлый пахотный слой в гребнях способствует и более активной конденсации в нем влаги воздуха.

При всех преимуществах в степени и характере влагообеспечения гребней над ровной пашней в условиях выпадения осадков наблюдается противоположная картина при продолжительном отсутствии дождей – гребни иссушаются сильнее традиционной пашни. По наблюдениям ДальНИИГиМ в 1997 и 1999 гг. с засушливым летом, содержание воды в гребне значительно уступало ровной поверхности, причем такое состояние сохранялось даже после кратковременных ливневых осадков, не успевающих промочить массу почвы в гребнях. За последние 10 лет засуха в первой половине лета повторялась 7 раз. В 1995, 1997 и 1999 гг. она охватила не только вторую половину лета, но и сентябрь. Возможность повторения засушливых лет возрастает в связи с глобальными изменениями климата. На международном симпозиуме в Осаке в 1998 г., посвященном проблемам продовольственной безопасности, обсуждалась необходимость совершенствования и изменений технологий зернового производства с учетом меняющегося климата Земли. В последние 30 лет неуклонный рост среднемировой температуры и засушливости климата сопровождается снижением количества осадков. Несомненно, что эти изменения коснутся Дальнего Востока; может усилиться контрастность чередования сухого и дождливого периодов и отрицательное воздействие на растения засухи и переувлажнения.

Существующая оросительно-сбросная сеть может быть использована без изменения для орошения суходольных культур напуском. Система такого орошения в качестве элемента зональной технологии до настоящего времени не разрабатывалась ни для ровных, ни для гребневых посевов, хотя необходимость таких исследований предполагалась. Пробные поливы производились, в том числе и ДальНИИГиМ, в 1997 и 1999 гг., но они носили производственный

характер и не могут служить основанием для научных рекомендаций к широкому внедрению.

Орошение напуском влечет целый ряд проблем, которые нельзя проигнорировать. В условиях Дальнего Востока избыток воды даже на лучших по плодородию почвах вызывает уменьшение количества структурных комочков в 1,5-3 раза, а в подпахотном слое в 6-20 раз. Высыхая, почва уплотняется, снижается ее биологическая активность и плодородие, ухудшаются условия произрастания культурных растений.

Серьезную проблему составляет необходимость оперативного сброса воды после орошения напуском. Многолетняя практика гребневых посевов показала, что гребень (и гряды) обеспечивают сток избыточной воды при уклонах 0,005-0,007. На рисовых чеках с их природными, строительными и эксплуатационными деформациями и пестротой почвенного покрова задача полива или, точнее, сброса избытка воды представляется достаточно сложной. Как показали предварительные наблюдения, высыхание тела гребня даже на повышенных участках чеков многократно опережает высыхание борозды, которая длительное время после полива непроходима для междурядных обработок, так как почва находится за порогом несущей способности, равной 80% ПВ. В пониженных бессточных частях чеков наблюдается застой воды и все, связанные с переувлажнением явления. В целом площадь чека после полива напуском недоступна для междурядных обработок как минимум две недели и сильно зарастает сорняками.

Слагающие рисовую оросительную систему почвы обладают крайне слабой фильтрацией и, хотя она существенно увеличивается в случае регулярного чередования риса с суходольными культурами, вряд ли можно возлагать большие надежды на послеполивное дренирование. Основной комплекс мер по осушке поля после полива должен быть направлен на создание условий поверхностного стока.

Перенасыщение подпахотного слоя можно избежать массивным краткосрочным затоплением 80-85% площади чека с немедленным сбросом воды в течение суток, однако проектные параметры РОС не предусматривают такой оперативности в управлении водным режимом. Даже на чеках с хорошей планировкой мелиоративное состояние оценивается как удовлетворительное, если период создания слоя воды составляет 2-5 суток, а понижение уровня гравитационной воды с 0,2 до 0,7 м в 10 суток. Параметры чека с хорошим состоянием составляют, соответственно, 2 и 5-6 суток.

Требует конкретизации специальными опытами вопрос продолжительности эффекта полива напуском, что особо необходимо в отношении сои: ее корни на 90% расположены в слое 0-10 см и на 6-7% в слое 10-20 см. Теория поливов этой культуры утверждает, что они эффективны лишь при обеспечении постоянного оптимального увлажнения почвы до 70-80% НВ. Влагозарядка под сою себя не оправдывает из-за особенностей расположения корневой системы.

Проблема разработки системы орошения касается не только суходольных культур рисового севооборота, но и самого риса, часть которого может возделываться гребневым способом. Одно из главных преимуществ гребневой сис-

темы земледелия заключается в том, что повторные посевы таким способом совершенно исключают весь комплекс предпосевных обработок: второй посев производится непосредственно по стерне развалом старых гребней с одновременной нарезкой новых и их обсевом. Экономичность такой системы очевидна и в определенных условиях может быть распространена на рис. Некоторое снижение урожайности из-за понижения коэффициента использования земли вполне компенсируется экономией затрат на вспашку, разделку пахоты, планировку и предпосевную культивацию, а также отсутствием нарушений структуры почвы и плоскости чека традиционными многократными обработками.

По севе решаются задачи:

- выбор оптимальной схемы посева и размещения системы поверхностного отведения на модульных картах и КШФЗ;
- определение эффективности осушения почвы после полива и возможности междурядных обработок;
- определение продолжительности периода положительного действия полива на влажность почвы в гребне;
- определение влияния полива на агрономические свойства гребня;
- определение влияния полива на урожайность.

УДК 631.67

КАЧЕСТВО РАССАДЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ТОМАТОВ НА КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

В.В. Бородычев, В.М. Гуренко, Е.В. Шенцева, М.М. Гавра

Волгоградский комплексный отдел ГНУ ВНИИГиМ, Волгоград, Россия

Применение кассетной технологии при выращивании овощных культур отличается от традиционных методов как технологическими показателями, так и большими экономическими преимуществами. Рассада, выращенная в кассете, имеет корневой комок, закрытую корневую систему, при этом корни соседних растений не переплетаются, а рассада получается выровненной. В поле она имеет практически 100% приживаемость, растения изначально находятся в одинаковых условиях и развиваются одновременно.

Для выращивания ранних томатов с использованием временных тоннельных (пленочных) укрытий самой оптимальной нами принята кассета № 49 с ячейками 5х5х5 см, с объемом ячейки 80 см³. На 1 м² рассадной площади получается 400 растений, что позволяет выращивать высококачественную 45-дневную рассаду. Рассада 45-50-дневная к моменту высадки в грунт имеет высоту 15-18 см, 6-7 настоящих листьев, масса растений 20-22 грамма и единичные раскрытые цветки на первой кисти.

Кассеты заполняются субстратом из разрыхленного торфа с добавлением 25% песка. Посев семян в кассеты проводили 25 февраля. Первые 4 дня до массовых всходов температура в теплице поддерживается на уровне 22-25°C, на 3-4 день после массовых всходов она снижается ночью до 8-10°C, днем до 14-16°C, чтобы предотвратить раннее вытягивание всходов растений. Последующие дни

температура воздуха поддерживается в ночное время в пределах 10-12⁰С, днем 20-22⁰С. Оптимальная влажность воздуха поддерживается на уровне 60-65%.

Для лучшей приживаемости рассады за 5-6 дней до высадки ее в грунт поливают раствором с повышенным содержанием солей калия и фосфора (из расчета 40 г суперфосфата + 60 г сульфата калия на 10 л воды). Непосредственно перед высадкой рассады ее обильно поливают 1% раствором кальциевой селитры, после чего растения обязательно обмывают чистой водой.

Для предотвращения развития болезней первый полив после посева семян томата в ячейки проводят 0,1% раствором марганцево-кислого калия. Предусмотрена 3-х кратная обработка растений препаратом ридомил голд концентрацией 60 г на 10 л воды.

Производству томатов отводится особое место как ведущей культуре. Это не случайно, т.к. Волгоградская область выгодно отличается от других регионов своими географическими и природно-климатическими условиями. Погодные условия позволяют получить отличного качества продукцию. Она востребована и ее везут в северные регионы страны. Географическое положение дает экономическую выгоду в относительной близости рынков сбыта.

Одной из проблем, которая ограничивает поступление продукции, это весенние возвратные и осенние заморозки. Вынужденные поздние посадки томатов приводят к тому, что часть урожая погибает после первых осенних заморозков. Недополученный урожай сильно сказывается на повышении себестоимости производства. Для решения этой проблемы нами в ООО «Спринг» были заложены экспериментальные участки по выращиванию томатов во временных пленочных укрытиях (тоннелях).

Производство ранней продукции несмотря на дополнительные материальные и трудовые затраты, имеет ряд преимуществ и экономически оправдано. Изучение динамики цен реализации на томаты подтверждает вышеизложенное (табл.1).

Разработка технологии возделывания томатов при капельном орошении проводилась поэтапно. Использовался ранее накопленный опыт при выращивании томатов в открытом грунте. Принята наиболее оптимальная схема посадки. Капельные линии на опытном участке расположены через 1,5 метра.

Таблица 1 - Сравнительная оценка производства томатов при капельном орошении в открытом и защищенном грунте

| Месяцы года | 2002 г. | | | | 2003 г. | | | | 2004 г. | | | |
|-------------|----------------|-----------|---------|-----------|----------------|-----------|---------|-----------|----------------|-----------|---------|-----------|
| | Открытый грунт | | Тоннели | | Открытый грунт | | Тоннели | | Открытый грунт | | Тоннели | |
| | тонн | тыс. руб. | тонн | тыс. руб. | тонн | тыс. руб. | тонн | тыс. руб. | тонн | тыс. руб. | тонн | тыс. руб. |
| Июль | - | - | 11,2 | 194,9 | - | - | 9,2 | 151,8 | - | - | 13 | 236,6 |
| Август | 12,8 | 74,2 | 49 | 284,2 | 10,5 | 58,8 | 41,8 | 234,1 | 14 | 85,4 | 47 | 286,7 |
| Сентябрь | 55 | 198 | 18,7 | 67,3 | 49 | 166,6 | 20,5 | 69,7 | 48,4 | 183,9 | 16,1 | 61,2 |
| Октябрь | 3,4 | 12,9 | - | - | 6,4 | 25,6 | - | - | 9,2 | 38,6 | - | - |
| Итого | 71,2 | 285,1 | 78,9 | 546,4 | 65,9 | 251 | 71,5 | 455,6 | 71,6 | 307,9 | 76,1 | 584,5 |

Расстояние между растениями в ряду 25 см, посадка рассады в одну строчку. Эта схема позволяет провести укрытие растений с наименьшими затратами, а также создает удобства по дальнейшему уходу за растениями. Облегчается проход техники, уменьшается трудоемкость при прополке. Широкие проходы между рядами облегчают сбор томатов.

Самыми перспективными для получения ранней продукции являются сверххранные гибриды и сорта томатов.

После высадки в грунт рассады и ее укрытия от неблагоприятных погодных условий использовали дуги из стальной проволоки сечением 4 мм, которые ставились на расстоянии 1 м друг от друга. Поверх дуг натягивали пленку с шириной рукава 1,5 метра, толщиной 35-40 микрон. Края пленки присыпали землей. Через каждые 8 метров оставляли участки для проветривания тоннеля.

Высадка рассады в тоннели в годы исследований проводилась в зависимости от погодных условий в период с 22 апреля по 5 мая. Определяющим критерием служила утренняя температура почвы на глубине 8-10 см, которая должна стабилизироваться на уровне 12⁰С. После 12-15 мая, когда исчезает угроза заморозков, пленочное покрытие снимали. Очень важно в этот момент адаптировать растения к уже сухому воздуху с достаточно высокими дневными температурами. Для этого в тоннелях проделываются отверстия диаметром 4-6 см по 2-3 шт. на каждое растение. На 2-й день площадь этих отверстий увеличивают в 2 раза. Вечером третьего дня пленочное покрытие снимается окончательно, а дуги выдергиваются.

После этого проводится культивация с окучиванием. Затем незамедлительно проводится профилактическое опрыскивание от болезней и вредителей. В дальнейшем повторные профилактические опрыскивания проводятся через каждые 10 дней.

Против бактериальных болезней проводится 2-х кратная обработка фитолавином: первая сразу после снятия пленки, вторая через 15 дней после первой.

Против грибковых болезней, до массового цветения, обработка ведется оксихомом, а затем системным препаратом «Радомил Голд».

В качестве инсектицидов для борьбы с комплексом вредителей и для профилактики против распространения клеща и уничтожения цикадки, распространяющей вредоносное заболевание столбур, применяются препараты «Актеллик» и «Карате Зеон».

В течение 3-х лет было испытано более 20 сортов и гибридов. Наиболее перспективны крупноплодные, раннеспелые гибриды со сроком вегетации 90-100 дней. Такие как, «Санрайз», «Сайшайн», «Скиф», «Шеди Леди» - семенной фирмы «Нунемс», гибрид «Бобкат» фирмы «Сингента».

Полевые опыты были заложены по плану полного факторного эксперимента. К изучению были поставлены вопросы формирования водного режима (фактор А) и пищевого (фактор В) режимов почвы и их комплексное влияние на рост, развитие и продуктивность растений томатов гибрид «Бобкат».

Схема опыта по водному режиму включает следующие варианты: А₁ – поддержание предполивного порога влажности почвы 80-80-70 % НВ по схеме: 80-80% НВ в период «высадка рассады- плодообразование» и 70% НВ в период «плодообразование- полная спелость»; А₂ - поддержание предполивного порога влажности почвы 70-80-70 % НВ по схеме: 70% НВ в период «высадка рассады - цветение», 80% НВ в период «цветение - плодообразование» и 70% НВ в период «плодообразование – полная спелость»; А₃ - поддержание предполивного порога влажности почвы 70-90-80 % НВ по схеме: 70% НВ в период «высадка рассады - цветение », 90% НВ в период «цветение – плодообразование» и 80 % НВ в период «плодообразование - полная спелость»;

По питательному режиму томатов было предусмотрено внесение минеральных удобрений дозами, рассчитанными на планируемые урожайности плодов 60, 80 и 100 т/га. Кроме этого проводились регулярные внекорневые подкормки удобрением Кристалон (голубой, белый, красный) в зависимости от фаз развития растений.

Проводя экономический анализ выращивания томатов во временных тоннельных укрытиях с использованием полиэтиленовой пленки, можно сделать следующие выводы: повышается общая урожайность томатов за счет продления срока вегетации; поступление продукции сдвигается на более ранние сроки с наибольшей ценой реализации; дополнительные затраты на производство ранней продукции окупаются прибавкой чистой прибыли от реализации (табл. 2).

Таблица 2 - Показатели эффективности производства томатов с использованием тоннельных укрытий (2002 – 2004 гг.)

| № п/п | Показатели | Открытый грунт | Тоннели | Разница, ед | Разница, % |
|-------|-----------------------------------------|----------------|---------|-------------|------------|
| 1. | Урожайность, т | 69,6 | 75,5 | 5,9 | 8,47 |
| 2. | Средняя цена реализации (руб/кг) | 4 | 7 | - | - |
| 3. | Стоимость товарной продукции (тыс.руб.) | 278,4 | 528,5 | 250,1 | 89,83 |
| 4. | Себестоимость (руб/кг) | 1,85 | 2,4 | - | - |
| 5. | Сумма затрат на 1 га, тыс.руб. | 128,76 | 181,2 | 52,44 | - |
| 6. | Чистая прибыль с 1 га, тыс. руб. | 149,64 | 347,3 | 197,66 | - |

В среднем за 3 года превышение затрат на 1 га составило 52,44 тыс. рублей, а доход от реализации продукции увеличился на 192,66 тыс. рублей с 1 га. По сравнению с открытым грунтом чистая прибыль на посевах томатов, выращиваемых в тоннельных укрытиях, увеличилась на 132% или в 2,3 раза.

МЕЛИОРАЦИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЫРЕЯ УДЛИНЕННОГО СОРТА «СОЛОНЧАКОВЫЙ» И МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ-МЕЛИОРАНТА

В.П. Максименко

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия;

Э.Б. Дедова, М.П. Чапанова

Калмыцкий филиал ГНУ ВНИИГиМ, Элиста, Россия

На обширных территориях распространены засоленные земли с низкой продуктивностью. Процессы засоления под влиянием естественных факторов и факторов антропогенного характера особенно интенсивно проявляются в аридных и полуаридных зонах. Деградация почв на таких землях вследствие засоления, осолонцевания или суммарного их влияния является одним из факторов, снижающих эффективность использования земельных ресурсов в сельскохозяйственном производстве. Таким образом, возникает две проблемы: экологическая и производственная. В первом случае засоление почв сопровождается гибелью большинства растений, а во втором, как следствие, снижением продуктивности естественных биоценозов и выходом из сельскохозяйственного оборота орошаемых земель.

Формирование неудовлетворительной мелиоративной обстановки в отдельных случаях связано со строительством и эксплуатацией обводнительно-оросительных систем, которые представлены открытыми каналами в земляном русле без противофильтрационной защиты. На таких системах отсутствует коллекторно-дренажная сеть, а естественное дренирование территории слабое. Кроме этого, мелиоративная обстановка усугубляется использованием для орошения воды с повышенным содержанием солей (от 2 до 6 г/л). В условиях слабого оттока грунтовых вод с систем и высокой минерализации поливной воды (при средней оросительной норме 7000 м³/га) в почву вносится ежегодно от 14 до 40 т/га солей. Орошение в сложных гидрогеологических условиях сопровождается развитием процессов опустынивания при интенсивном подъеме уровня грунтовых вод и вторичного засоления почв. При содержании в них более 1,4 % солей становится нецелесообразным и экологически небезопасным дальнейшее использование таких земель в производстве. Например, в Калмыкии опустынивание захватило большую часть почвенных комплексов восточных регионов республики, где преобладают бурые полупустынные почвы (Черноземельский и Яшкульский районы). На сегодня 4 тыс. га пахотных земель в Калмыкии выведены из сельскохозяйственного оборота [1].

Эффективным способом поддержания плодородия засоленных земель является химическая мелиорация при возделывании сельскохозяйственных культур, толерантных к высокому содержанию солей в почве. Для этого широко используют гипс, глиногипс, фосфогипс (отход суперфосфатной промышленности), хлористый кальций, известняк, серу, сульфат железа (отход лакокрасочной промышленности), сульфат алюминия, полисульфит кальция, дефека-

(отход сахарной промышленности), отходы промышленности, содержащие мелиорирующие вещества, неорганические кислоты (серная, соляная, азотная), а также искусственно создаваемые синтетические и полимерные вещества.

Возможность искусственно синтезировать удобрения-мелиоранты со свойствами, позволяющими путем варьирования компонентного состава приблизиться к моделированию почвенных субстратов, в которых растение обеспечивается длительное время более комфортными условиями развития и которые, используя биологические особенности растений, создают предпосылки для воспроизводства почвенного плодородия.

Формирование же плодородия засоленных почв предполагает биомелиорацию, включающую выращивание видов растений, которые могут продуцировать в условиях повышенного содержания солей в почве и орошения минерализованными водами. Продукционные системы, основанные на применении солетолерантных видов растений, могут использоваться для производства высокобелковых и энергонасыщенных кормов.

Анализ литературных источников и экспериментальных данных показал, что в условиях полупустынной и пустынной зон Калмыкии для восстановления деградированных земель наиболее эффективны приемы биологической мелиорации с применением культур-фитомелиорантов в комплексе с внесением различных удобрений и химических мелиорантов, которые как фактор регулирования продукционного процесса культурных растений и оцениваемые, главным образом, по этому показателю, выполняют одну из основных задач мелиораций - стабилизацию почвенного плодородия.

В качестве культур-мелиорантов могут быть использованы многолетние злаки, которые формируют высокие урожаи при атмосферных засухах и гидроморфном водном режиме, и при этом обладают высоким мелиорирующим эффектом. Одновременно они могут ликвидировать существующий дефицит кормов в республике.

Впервые в пустынных условиях Калмыкии проведены исследования по применению пырея солончакового и комплексного мелиоранта при освоении засоленных земель, выведенных из сельскохозяйственного оборота. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности рекомендуемого направления в борьбе с опустыниванием в агроландшафтах.

Опыт применения полимеров для повышения плодородия почв изучался в 40-50 гг. XX века в Германии. Например, А.Г. Кульман попытался применить полимер при выращивании кормовых культур. В его опытах была получена 50 % прибавка в урожайности трав (по сену) [1].

По данным исследователей Пензенской ГСХА Е.Н. Кузина, А.Ф. Блинохвотова и Ю.А.Ильвачёва (1999) при внесении в почву полиакриламидного сополимера снижается уплотняющее воздействие поливной воды на почву, увеличивается общая пористость, улучшается структурное состояние почвы и ее аэрация, формируется водопрочная структура. Например, на тяжёлом по гранулометрическому составу выщелоченном чернозёме за ротацию 2-х культур количество водопрочных агрегатов повысилось на 9,4 %, а на серой лесной супесчаной почве – на 4,9 % [2].

Таким образом, анализ литературных данных показывает, что метод использования полимеров как мелиорантов почв не только возможен, но и выгоден как ресурсо- и энергосберегающий способ повышения плодородия почв. Одним из таких химмелиорантов является многофункциональное вспененное карбамидоформальдегидное удобрение-мелиорант [3]. Это экологически чистый продукт, способный аэрировать почву, замедлять вымывание азотных удобрений и проявлять водонакопительный и водоудерживающий эффект.

Удобрение-мелиорант имеет низкую кислотность, проявляет водонакопительный и водоудерживающий эффект, является хорошим воздушным кондиционером и улучшает структуру почвы. Плотность его 8...25 кг/м³, водопоглощение 3000...4000 % от массы субстрата, открытых пор не менее 85 %, содержит 30...32 % связанного азота; 0,2...0,3 % свободного азота; 0,35...0,40 % P₂O₅; 0,0015...0,0020 % K₂O; 0,0035...0,0045 % MgO, а также микроэлементы.

Лабораторные опыты по влиянию комплексного мелиоранта на продуктивность пырея солончакового при орошении проводили: 1-й опыт по четырём вариантам в 4-кратной повторности (I вариант – доза мелиоранта 0 (контроль), II – 1/2,5; III – 1/5; IV – 1/10 объёмных частей почвы) и 2-й опыт – по шести вариантам в 3-кратной повторности, ориентированных относительно более продуктивного (1/2,5) варианта (I вариант – доза мелиоранта 0 (контроль), II – 1/0,6; III – 1/1,25; IV – 1/2,5; V – 1/5; VI – 1/10 объёмных частей почвы). Масса субстрата в сосудах не превышала 2,0 кг. В лабораторных опытах использовали экспериментальные емкости объёмом 2,5 дм³. Почва для заполнения сосудов была взята с опытного участка в СПК «Первомайский» из слоя почвы 0...0,4 м. Посев проводили нормой 100 шт. всхожих семян на 1 сосуд (площадь поверхности почвы сосуда (S) = 0,019 м² (R = 0,0775 м), глубина заделки – 0,02 м. В течение вегетации пырея солончакового поддерживали предполивную влажность почвы на уровне 75 % НВ. Для определения динамики влажности почвы сосуды взвешивали до полива, после полива – через 12 часов и далее через каждые сутки.

Лабораторный опыт показал, что наибольший эффект достигается во II варианте (при дозе внесения мелиоранта в соотношении 1:2,5 – *числитель дозы мелиоранта, знаменатель – объем почвы*). Во втором варианте высота растений пырея солончакового была максимальной 0,21 м (минимальная высота растений отмечена в I варианте (на контроле) – 0,14 м). Максимальная густота травостоя II варианта варьировала от 5071 до 4890 шт/м² (*на контроле этот показатель в среднем составлял 2972 растения/м²*). Накопление биологической массы во II варианте достигло в среднем 0,144 кг/м², что по сравнению с контролем в 1,7 раз больше (табл. 1, рис.1).

В лабораторном опыте отмечено, что доза мелиоранта прямо пропорционально влияла на высоту, густоту и урожайность пырея солончакового, что подтверждают высокие коэффициенты корреляции (r = 0,83...0,98) и полученные регрессионные уравнения (табл. 2.).

Систематический контроль за динамикой расходования влаги из почвы показал, что с увеличением дозы мелиоранта удлиняется межполивной период.

Изменения межполивного периода в сторону увеличения по сравнению с контролем достигали в среднем до пяти суток в варианте с дозой внесения 1/2,5.

Таблица 1 - Биометрические показатели и урожайность пырея солончакового в зависимости от дозы удобрения-мелиоранта

| Вариант, доза полимера | Густота травостоя, шт/м ² | Высота растений перед укосом, м | Урожайность пырея солончакового, кг а.с.в./м ² |
|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| I вариант (контроль) без мелиоранта | 2972 | 0,14 | 0,087 |
| II вариант (1/2,5) | 4994 | 0,21 | 0,144 |
| III вариант (1/5) | 5222 | 0,19 | 0,108 |
| IV вариант (1/10) | 3514 | 0,17 | 0,097 |

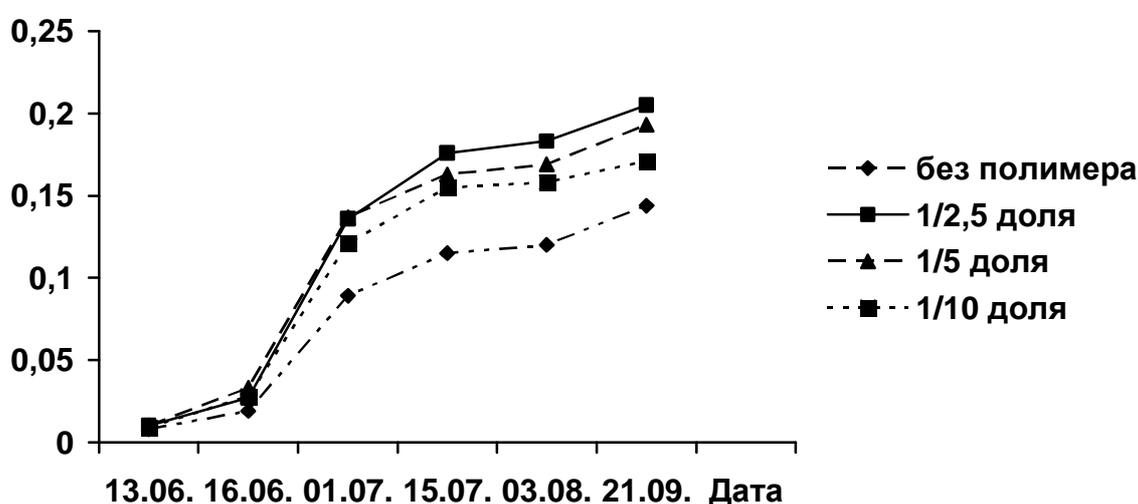


Рисунок 1 - Динамика высоты растений (м) пырея солончакового в зависимости от дозы комплексного мелиоранта

Таблица 2 - Корреляционные зависимости высоты, густоты и урожайности пырея солончакового от вносимых доз мелиоранта

| Параметры | Уравнение регрессии | Коэффициент корреляции (r) |
|---------------------------------------|------------------------|----------------------------|
| Высота, м | $H = 0,152 + 0,148 X$ | 0,94 |
| Густота, шт./м ² | $P = 3234,4 + 5377,7X$ | 0,83 |
| Урожайность, кг а.с.в./м ² | $Y = 8,38 + 14,4 X$ | 0,98 |

Для уточнения оптимальной дозы внесения полимерного удобрения был проведен второй лабораторный опыт. Варианты ориентировали по лучшему (1/2,5), выявленному в опыте I. Его приняли центральным и относительно него заложили по два варианта с дифференцированной кратной дозой внесения ме-

лиоранта таким образом, чтобы перекрыть крайние значения предыдущих вариантов на 25 % как в сторону уменьшения (1/5 и 1/10), так и в сторону увеличения (1/1,25 и 1/0,6) мелиоранта. Дозу внесения уменьшали и увеличивали в каждом последующем варианте в два раза относительно предыдущего.

Мелиорант комплексного действия взвешивали перед внесением, слегка уплотнив. Так при внесении мелиоранта дозой 1/10 масса его составляла 10 г, 1/5 – 20 г, 1/2,5 – 40 г, 1/1,25 – 80 г, 1/0,6 – 160 г. Первые всходы были получены через 5...7 суток.

Наблюдения за влажностью почвы и сроками поливов позволили сделать следующие выводы. На формирование зелёной массы во II варианте потребовалось наименьшее количество воды - 2,5 дм³ / на 1 сосуд, в отличие от контроля - 12 дм³/ сосуд. Продолжительность межполивного периода находилась в прямой зависимости от дозы внесенного мелиоранта.

Вегетационные опыты, в том числе наблюдения за продукционным процессом пырея солончакового, показали, что формирование и развитие надземной массы и корневой системы интенсивнее всего происходят в почвенных субстратах с исследуемым мелиорантом, взятом в дозах 1/5...1/0,6. Так, продуктивность (1,23 кг/м²) сухой массы и густота (2176 шт./м²) пырея солончакового в варианте III (1/1,25) были максимальными (на контроле в среднем продуктивность достигла 0,28 кг/м², а густота 1473 шт/м²). Однако высота растений пырея солончакового достигла своей высшей отметки 0,379 м в IV варианте (1/2,5), а в III варианте была только 0,321 м. Минимальная высота растений отмечена в I варианте (на контроле) - 0,173 м (табл. 3, рис. 2).

Таблица 3 - Воздействие различных доз полимера на плотность почвы, биометрические параметры и продуктивность пырея солончакового

| Вариант, (доза мелиоранта) | Плотность субстрата, кг/м ³ | Густота травостоя, шт./м ² | Высота травостоя, м | Продуктивность, кг а.с.в./м ² | Окупаемость азота, кг а.с.в./кг азота |
|-------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|
| I вариант (0) - контроль | 1363 | 1473 | 0,173 | 0,28 | - |
| II вариант (1/0,6) | 510 | 1912 | 0,315 | 0,85 | -4,9 |
| III вариант (1/1,25) | 730 | 2176 | 0,321 | 1,23 | 0,8 |
| IV вариант (1/2,5) | 1073 | 2018 | 0,379 | 1,20 | 32,1 |
| V вариант (1/5) | 1233 | 2035 | 0,301 | 0,63 | 21,4 |
| VI вариант (1/10) | 1313 | 1912 | 0,269 | 0,44 | 18,0 |

Новое удобрение-мелиорант оказывает прямое действие не только на водоудерживающие, но и аэрирующие свойства почвы, формируя новый почвенный субстрат. При этом, установлена обратная корреляционная зависимость ($r = - 0,97$) изменения плотности почвы от количества внесенного удобрения-мелиоранта (табл. 4). Математическая обработка опытных данных подтвердила существование прямой корреляционной зависимости между биометрическими

показателями и продуктивностью пырея солончакового и вносимыми дозами полимерного удобрения, отмеченную ещё в лабораторном опыте №1.

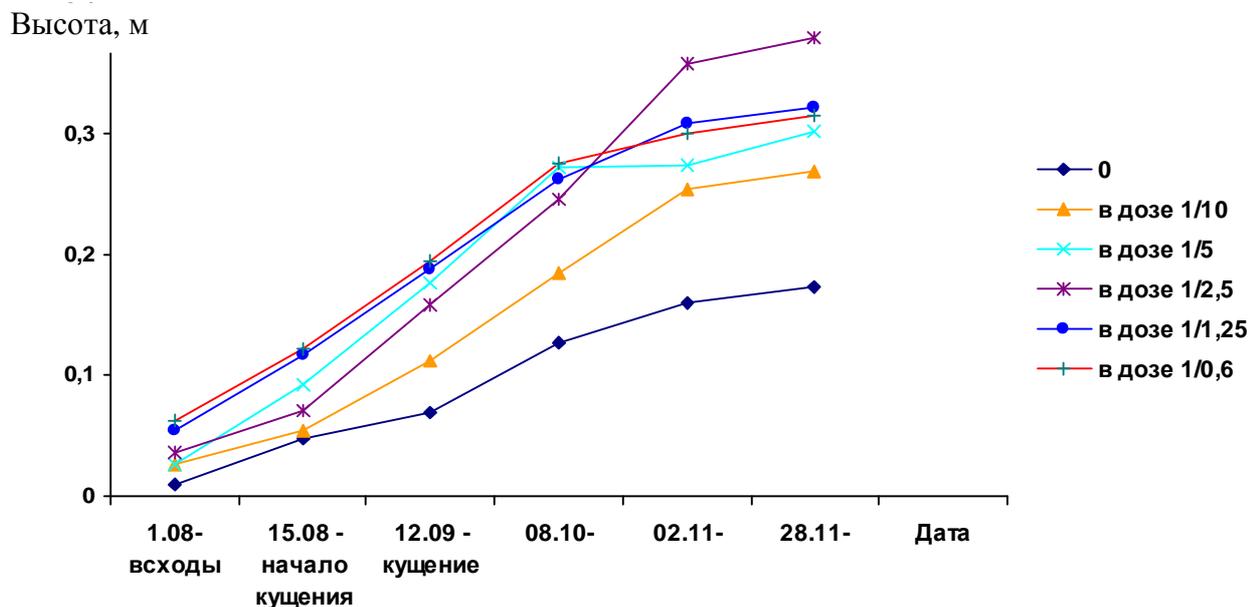


Рисунок 2 - Динамика высоты (м) пырея солончакового в лабораторном опыте

Результаты лабораторного опыта № 2 не опровергают предположения и выводы 1-го опыта о положительном влиянии карбамидоформальдегидного удобрения комплексного действия в дозе 1/2,5 (40 % от объёма мелиорируемой почвы) на повышение продуктивности исследуемой культуры:

Таблица 4 - Корреляционные зависимости высоты, густоты и урожайности пырея солончакового от вносимых доз удобрения-мелиоранта во втором опыте

| Параметры | Уравнение регрессии | Коэффициент корреляции (r) |
|------------------------------------|----------------------|----------------------------|
| Высота, м | $Y = 0,24 + 0,16 X$ | 0,65 |
| Густота, шт./м ² | $Y = 1726,3 + 655 X$ | 0,77 |
| Урожайность, кг а.с.в./га | $Y = 3,81 + 12,5 X$ | 0,90 |
| Плотность почвы, г/см ³ | $Y = 1,33 - 0,56X$ | -0,97 |

По результатам биометрических наблюдений за развитием пырея солончакового в зависимости от дозы вносимого мелиоранта была сделана оценка эффективности проводимого мероприятия по затратам азота на прирост единицы продукции. Выяснено, что при внесении 1/2,5 дозы удобрения-мелиоранта, удельные затраты единицы азота на прирост единицы массы абсолютно сухого вещества (а.с.в.) пырея солончакового в фазу кущения составили в первом опыте 20, а во втором – 32 кг а.с.в./кг азота. Дальнейшее увеличение количества мелиоранта сопровождается не только снижением биометрических показателей и показателей продуктивности, но и уменьшением эффективности использования азота.

Заключение

1. Одним из важных путей при разработке фитомелиоративных систем и технологий рекультивации антропогенно деградированных ландшафтов Калмыкии является внедрение комплекса мелиоративных мероприятий, позволяющих создать устойчивые и высокопродуктивные агроландшафты.

2. Результаты лабораторных исследований по применению комплексного удобрения-мелиоранта в целях регулирования пищевого режима почвы и создания более благоприятных условий произрастания сельскохозяйственных культур, показали, что продуктивность пырея сорта «Солончаковый» обеспечивается на уровне $0,10 \dots 0,14$ кг а.с.в./м², что в 1,7 раза больше, чем в вариантах опыта без применения мелиоранта. При этом происходит снижение плотности почвы в зависимости от дозы внесённого мелиоранта с 1,37 до 0,73 г/см³.

3. Возделывание культуры с использованием комплексного мелиоранта имеет не только экологическую, но и производственную значимость, обеспечивая высокую продуктивность засоленных земель и эффективность использования азотных удобрений. При этом возможно использование оросительной воды повышенной минерализации для регулирования водного режима почвы, что также имеет существенное значение, особенно, на начальном этапе возделывания культуры в пустынных условиях.

Литература

1. Кульман А.Г. Искусственные структурообразователи почвы. – М.: Колос, 1982. – 158 с.
2. Кузина Е.Н., Блинохватова А.Ф., Ильвачёва Ю.А. Полимерная мелиорация // Земледелие. – М. - 1999. - № 1. - С. 23.
3. Мелкозеров В.М., Нагорный Л.Д., Олейник В.В. и др. Вспененное карбамидоформальдегидное удобрение и способ его получения. – Патент РФ № 2230719, С1, 7 С 05 С 9/02 от 04 августа 2003 г. - БИПМ № 17 от 20.06.2004.

УДК 635.64:631.67: 631.8

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ КУКУРУЗЫ ПРИ ПОЛИВЕ ДМ «ФЕРМЕР-КУБАНЬ-ЛК-1»

А.В. Майер

Волгоградский комплексный отдел ГНУ ВНИИГиМ, Волгоград, Россия

Высокая потенциальная продуктивность кукурузы и отзывчивость в засушливых условиях на поливы определили необходимость проведения исследований, направленных на разработку рациональных режимов орошения и минерального питания, обеспечивающих на посевах среднеранних гибридов формирование 5...9 т/га урожайности зерна при поливе малогабаритной дождевальной техникой.

Почвенный покров опытного участка представлен в основном светлокаштановыми почвами различной степени солонцеватости. Почвообразующие породы представлены четвертичными отложениями в виде делювиальных суглинков буровато-палевой окраски, с тонкопористым строением. Гранулометрический состав почв преимущественно средне- и тяжелосуглинистый. Плотность

сложения расчетного слоя почвы $1,30 \text{ т/м}^3$, наименьшая влагоемкость 24,2 % от массы сухой почвы. Емкость поглощения невысокая, сумма поглощенных оснований достигает 28,5 мг/экв. на 100 г почвы. В составе обменных катионов 70–80 % приходится на кальций. Процент натрия в сумме поглощенных оснований колеблется от 1,5 до 3,0 %. По содержанию доступных форм элементов питания почвы характеризуются низкой обеспеченностью азотом, средней – подвижным фосфором и средним – обменным калием. Содержание легкогидролизуемого азота составляет 0,37...0,43 мг/кг почвы. Количество доступного фосфора не превышает 0,29...0,46 мг/кг почвы, а обменного калия – достигает 95...105 мг/кг почвы.

Способ посева кукурузы широкорядный, предшественник – яровая пшеница. На всех вариантах опыта рельеф, почвенные, гидрологические условия и микроклимат были идентичными. Для исключения влияния почвенных разностей была соблюдена трехкратная повторность каждого варианта. Общая площадь опытного участка 2,6 га, учетная площадь единичной деланки 200 м^2 . Поливы проводились дождевальными машинами «Фермер-Кубань-ЛК-1».

Схемой опыта по водному режиму были предусмотрены пять уровней водообеспечения посевов:

A0 – поддержание предполивного порога влажности почвы 70 % НВ в слое 0,4 м до выметывания метелки, в слое 0,6 м – далее до наступления фазы восковой спелости зерна;

A1 – дифференцированный по фазам развития кукурузы водный режим почвы, 70-80-70 % НВ, в слое 0,4 м до выметывания метелки, в слое 0,6 м – далее до наступления фазы восковой спелости зерна при поддержании предполивного уровня влажности 80 % НВ в течение периода «выметывание метелки...молочно-восковая спелость зерна»;

A2 – дифференцированный по фазам развития кукурузы водный режим почвы, 70-80-70 % НВ, в слое 0,4 м до выметывания метелки, в слое 0,6 м – далее до наступления фазы восковой спелости зерна при поддержании предполивного уровня влажности 80 % НВ в течение периода «11-й лист...молочно-восковая спелость зерна»;

A3 – дифференцированный по фазам развития кукурузы водный режим почвы, 70-80-70 % НВ, в слое 0,4 м до выметывания метелки, в слое 0,6 м – далее до наступления фазы восковой спелости зерна при поддержании предполивного уровня влажности 80 % НВ в течение периода «7-й лист...молочно-восковая спелость зерна»;

A4 – поддержание постоянного в течение вегетации уровня предполивной влажности почвы 80 % НВ в слое 0,4 м до выметывания метелки, в слое 0,6 м – далее до наступления фазы восковой спелости зерна.

На каждом из вариантов по изучению водного режима почвы были заложены исследования по фактору режима минерального питания. Программой исследований предусматривалось четыре уровня минерального питания кукурузы: $\text{N}_{90}\text{P}_{40}\text{K}_{100}$, $\text{N}_{140}\text{P}_{60}\text{K}_{160}$, $\text{N}_{190}\text{P}_{80}\text{K}_{220}$, $\text{N}_{240}\text{P}_{100}\text{K}_{280}$.

При расчете доз минеральных удобрений учитывали нормативы выноса элементов питания с урожаем. Для всесторонней оценки результатов исследова-

ний по общепринятым методикам на всех вариантах опытов проводили фенологические наблюдения, определяли влажность почвы, суммарное и среднесуточное водопотребление, основные показатели фотосинтетической деятельности растений, роста и развития кукурузы.

Наблюдениями в 2002...2004 гг. установлено улучшение условий водного и минерального питания растений в определенных сочетаниях оно способствует статистически достоверному повышению показателей фотосинтеза кукурузы, активизирует все процессы роста и развития.

Наибольшие значения площади листовой поверхности 45,1...51,0 тыс. м²/га и фотосинтетического потенциала 2340...2634 тыс. м² сут/га, кукурузы были отмечены в варианте, где поливы проводились при снижении влажности почвы до 80 % НВ в течение всего периода вегетации (табл. 1). В варианте дифференцированного водообеспечения, 70-80-70 % НВ, при поддержании порога предполивной влажности почвы на уровне 80 % НВ в период от 7-го листа до молочно-восковой спелости зерна, сформированная максимальная площадь листьев составляла 40,1...44,1 тыс. м²/га, а значения фотосинтетического потенциала изменялись в пределах 2224...2472 тыс. м² сут/га. Сокращение продолжительности периода поддержания порога предполивной влажности почвы на уровне 80 % НВ в варианте А2 (80 % НВ – в период 11-й лист... молочно-восковая спелость зерна) обусловило формирование площади листовой поверхности кукурузы на уровне 35,3...40,7 тыс. м²/га, а в вариантах поддержания постоянного порога предполивной влажности почвы 70 % НВ и дифференцированного, 70-80-70 % НВ (80 % НВ в период от выметывания до молочно-восковой спелости зерна) в среднем за годы исследований сформированная к этому периоду величина площади листьев не превышала 34,7 тыс. м²/га при накопленных значениях фотосинтетического потенциала соответственно 2120...2357, 1956...2174 и 2000...2223 тыс. м² сут/га.

Улучшение условий водного питания растений до определенного уровня повышало продуктивность работы ассимилирующего аппарата. Наименьшими значениями продуктивности фотосинтеза 6,4...7,2 г/м² в сут во все годы исследований характеризовались посеvy кукурузы в варианте, где поливы в течение всего периода вегетации проводились при снижении влажности почвы до 70 % НВ. Повышение уровня предполивной влажности почвы до 80 % НВ в период «выметывание метелки...молочно-восковая спелость зерна» увеличивало численные значения продуктивности фотосинтеза в среднем на 0,4...0,5 г/м² в сут. Увеличение продолжительности периода поддержания предполивного уровня влажности почвы в варианте А2 (80 % НВ – в период 11-й лист... молочно-восковая спелость зерна) способствовало повышению активности работы листьев уже на 0,6...0,7 г/м² в сут в сравнении с вариантом поддержания постоянного порога предполивной влажности почвы 70 % НВ. Наибольшими значениями продуктивности фотосинтеза посевов в опыте характеризовался вариант, где предполивная влажность почвы на уровне 80 % НВ поддерживалась в течение периода от образования 7-го листа до молочно-восковой спелости зерна. Численные значения продуктивности фотосинтеза на этом варианте водного режима

Таблица 1 - Показатели продуктивности кукурузы при различных сочетаниях условий водного и минерального питания

| В зависимости от водного режима почвы | | | | | | | | В зависимости от уровня минерального питания | | | | |
|----------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------|------|
| Уровень рального кг мид | Вариант режима | Фотосинтече скайвы тыс сут потенциал | Продуктив ность фотосинтеза, г сут м | Сухая Т га биомасса | Урожайность р на | Δ У на каждом агрофоне (сред- нее за 2002-2004 гг.) | | Вариант режима | Водного почвы Доза минеральных удобрений д в, га | Урожайность р на | Δ У на каждом фоне режимов орошения | |
| | | | | | | г га зе | % | | | | г га зе | % |
| N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀ | A0 | 1956 | 6,4 | 12,6 | 5,0 | - | - | A0 | N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀ | 5,0 | - | - |
| N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀ | A1 | 2000 | 6,8 | 13,7 | 5,3 | 0,3 | 6,0 | A0 | N ₁₄₀ P ₆₀ K ₁₆₀ | 5,9 | 0,9 | 18,1 |
| N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀ | A2 | 2120 | 7,0 | 14,9 | 5,4 | 0,4 | 8,9 | A0 | N ₁₉₀ P ₈₀ K ₂₂₀ | 6,2 | 1,2 | 25,0 |
| N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀ | A3 | 2224 | 7,1 | 15,9 | 5,4 | 0,4 | 8,6 | A0 | N ₂₄₀ P ₁₀₀ K ₂₈₀ | 6,3 | 1,3 | 26,9 |
| N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀ | A4 | 2370 | 6,9 | 16,5 | 5,3 | 0,3 | 6,0 | A1 | N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀ | 5,3 | - | - |
| N ₁₄₀ P ₆₀ K ₁₆₀ | A0 | 2058 | 6,7 | 13,9 | 5,9 | - | - | A1 | N ₁₄₀ P ₆₀ K ₁₆₀ | 7,0 | 1,7 | 31,5 |
| N ₁₄₀ P ₆₀ K ₁₆₀ | A1 | 2105 | 7,2 | 15,1 | 7,0 | 1,1 | 18,1 | A1 | N ₁₉₀ P ₈₀ K ₂₂₀ | 7,9 | 2,6 | 48,1 |
| N ₁₄₀ P ₆₀ K ₁₆₀ | A2 | 2231 | 7,4 | 16,5 | 7,2 | 1,3 | 22,3 | A1 | N ₂₄₀ P ₁₀₀ K ₂₈₀ | 8,8 | 3,5 | 65,7 |
| N ₁₄₀ P ₆₀ K ₁₆₀ | A3 | 2341 | 7,5 | 17,5 | 7,3 | 1,4 | 23,6 | A2 | N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀ | 5,4 | - | - |
| N ₁₄₀ P ₆₀ K ₁₆₀ | A4 | 2494 | 7,3 | 18,2 | 7,4 | 1,5 | 24,9 | A2 | N ₁₄₀ P ₆₀ K ₁₆₀ | 7,2 | 1,8 | 33,9 |
| N ₁₉₀ P ₈₀ K ₂₂₀ | A0 | 2166 | 7,2 | 15,6 | 6,2 | - | - | A2 | N ₁₉₀ P ₈₀ K ₂₂₀ | 9,1 | 3,7 | 67,9 |
| N ₁₉₀ P ₈₀ K ₂₂₀ | A1 | 2215 | 7,7 | 17,0 | 7,9 | 1,7 | 26,9 | A2 | N ₂₄₀ P ₁₀₀ K ₂₈₀ | 9,2 | 3,8 | 70,9 |
| N ₁₉₀ P ₈₀ K ₂₂₀ | A2 | 2348 | 7,9 | 18,6 | 9,1 | 2,9 | 46,2 | A3 | N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀ | 5,4 | - | - |
| N ₁₉₀ P ₈₀ K ₂₂₀ | A3 | 2464 | 8,0 | 19,7 | 9,2 | 3,0 | 48,9 | A3 | N ₁₄₀ P ₆₀ K ₁₆₀ | 7,3 | 1,9 | 35,7 |
| N ₁₉₀ P ₈₀ K ₂₂₀ | A4 | 2625 | 7,8 | 20,4 | 9,2 | 3,0 | 48,9 | A3 | N ₁₉₀ P ₈₀ K ₂₂₀ | 9,2 | 3,8 | 71,4 |
| N ₂₄₀ P ₁₀₀ K ₂₈₀ | A0 | 2174 | 7,2 | 15,7 | 6,3 | - | - | A3 | N ₂₄₀ P ₁₀₀ K ₂₈₀ | 9,4 | 4,0 | 74,5 |
| N ₂₄₀ P ₁₀₀ K ₂₈₀ | A1 | 2223 | 7,7 | 17,1 | 8,8 | 2,5 | 39,8 | A4 | N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀ | 5,3 | - | - |
| N ₂₄₀ P ₁₀₀ K ₂₈₀ | A2 | 2357 | 7,9 | 18,7 | 9,2 | 2,9 | 46,7 | A4 | N ₁₄₀ P ₆₀ K ₁₆₀ | 7,4 | 2,0 | 38,2 |
| N ₂₄₀ P ₁₀₀ K ₂₈₀ | A3 | 2472 | 8,0 | 19,9 | 9,4 | 3,1 | 49,3 | A4 | N ₁₉₀ P ₈₀ K ₂₂₀ | 9,2 | 3,9 | 72,7 |
| N ₂₄₀ P ₁₀₀ K ₂₈₀ | A4 | 2634 | 7,8 | 20,6 | 9,3 | 3,0 | 48,3 | A4 | N ₂₄₀ P ₁₀₀ K ₂₈₀ | 9,3 | 4,0 | 74,6 |

почвы в среднем за годы исследований составляли 7,5...8,0 г/м² в сут. Важно отметить, что в варианте поддержания постоянного порога предполивной влажности почвы 80 % НВ продуктивность фотосинтеза снижалась в сравнении с вариантами дифференцированного водообеспечения. Зависимость продуктивности фотосинтеза от уровня обеспечения растений элементами минерального питания также не является линейной. В вариантах внесения минеральных удобрений дозой N₉₀P₄₀K₁₀₀ численные значения продуктивности фотосинтеза кукурузы не превышали 6,4...7,1 г/м² в сут и были наименьшими в опыте. Внесение минеральных удобрений на планируемые уровни урожайности зерна кукурузы 7 и 9 т/га (N₁₄₀P₆₀K₁₆₀ и N₁₉₀P₈₀K₂₂₀) увеличивало эффективность работы листьев соответственно до 6,7...7,5 и 7,2...8,0 г/м² в сут. Дальнейшее увеличение дозы внесения минеральных удобрений до N₂₄₀P₁₀₀K₂₈₀ не способствовало росту активности работы листового аппарата кукурузы, численные значения продуктивности фотосинтеза в среднем за годы исследований составили 7,2...8,0 г/м² в сут.

Улучшение условий водного и минерального питания растений на 4...7 суток увеличивало продолжительность вегетирования кукурузы, на 0,52...0,67 м увеличивалась средняя высота растений, на 10,5...26,2 % возрастало количество сухой органической массы, накопленной посевами в сравнении с наименьшими в эксперименте уровнями управляемых факторов. Как результат непрерывного продукционного процесса существенно изменялась урожайность кукурузы на зерно. Прибавка урожайности кукурузы на зерно в сравнении с контролем по водному режиму почвы составила 0,3...3,1 т/га (НСР₀₅ – 0,16 т/га), по режиму минерального питания – 0,9...4,0 т/га (НСР₀₅ – 0,14 т/га). На основании совместного анализа основных показателей развивающегося агрофитоценоза кукурузы с уровнем формирующегося урожая зерна методами корреляции и регрессии установлены зависимости и подобраны математические уравнения, с наибольшей эффективностью (R² = 0,72...0,83) описывающие установленные зависимости.

Исследование зависимости уровня формируемой урожайности зерна кукурузы во взаимосвязи с количественными показателями накопленной посевами за вегетацию органической массы позволило аппроксимировать ее уравнением регрессии вида:

$$Y = 8,4113 \cdot \ln(x) - 16,12$$

где x – сухая биомасса посевов кукурузы, т/га.

Таким образом, улучшение условий водного и минерального питания растений, активизируя динамику продукционного процесса кукурузы, способствует в определенных пределах повышению урожайности зерна изучаемой культуры. Установлена тесная корреляционная зависимость урожайности зерна кукурузы от уровня обеспеченности регулируемых в опыте факторов. Исследование зависимости методами регрессионного анализа позволило представить ее полиномиальным уравнением второй степени вида:

$$Y = -2,3 + 0,002 \cdot X_1 - 4,3E-07 \cdot X_1^2 + 0,013 \cdot X_2 - 2E-05 \cdot X_2^2 + 4E-06 \cdot X_1 \cdot X_2$$

где X₁ – уровень водообеспечения посевов кукурузы, м³/га;

X₂ – уровень минерального питания, кг д.в./га.

Зависимость урожайности кукурузы на зерно от уровня водного и минерального питания растений приведена на рисунке 1.

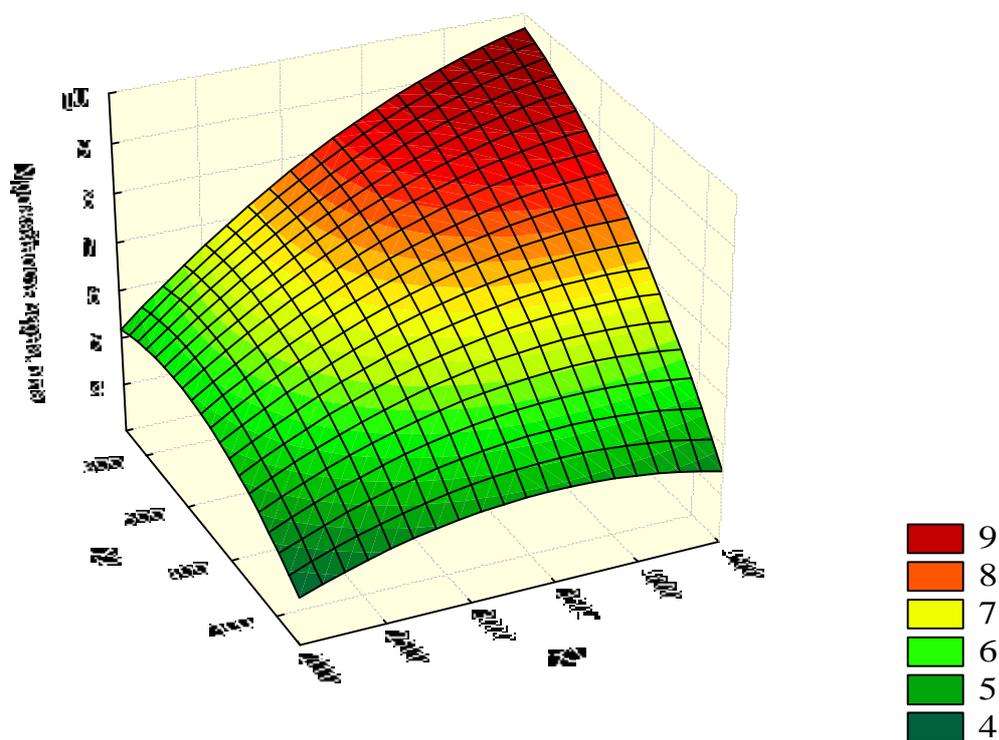


Рисунок 1 - График зависимости урожайности кукурузы на зерно от уровня водного и минерального питания растений

Коэффициент детерминации полученной зависимости, $R^2 = 0,94$, позволяет практически использовать формулу для подбора выгодных сочетаний водного и минерального питания растений.

Планируемая урожайность кукурузы на зерно на уровне 7 т/га обеспечивается внесением минеральных удобрений дозой $N_{140}P_{60}K_{160}$ при поддержании постоянного порога предполивной влажности почвы на уровне 80 % НВ или дифференцированно, 70-80-70 % НВ при разной продолжительности поддержания порога предполивной влажности почвы на уровне 80 % НВ. Наиболее выгодные с точки зрения затрат минеральных удобрений и воды на формирование урожая при таком уровне планируемой урожайности являются варианты дифференцированного водообеспечения 70-80-70 % НВ при поддержании порога предполивной влажности почвы 80 % НВ в периоды «11-й лист...молочно-восковая спелость зерна» и «7-й лист...молочно-восковая спелость зерна».

Получение урожайности зерна кукурузы на уровне 9 т/га связано с необходимостью внесения минеральных удобрений дозой $N_{190}P_{80}K_{220}$ в сочетании с поддержанием предполивного порога влажности почвы по схеме вариантов А2 и А3 (дифференцированные) или постоянно в течение вегетации на уровне 80 % НВ. Наименьшее количество водных ресурсов на формирование урожая кукурузы затрачивалось в вариантах дифференцированного водообеспечения при поддержании предполивной влажности почвы на уровне 80 % НВ в течение периода «11-й лист...молочно-восковая спелость зерна» и «7-й лист...молочно-

восковая спелость зерна», 463 и 460 м³/т соответственно. Такие же удельные затраты воды формировались при поддержании водного режима почвы по схеме варианта А3 в сочетании с внесением минеральных удобрений дозой N₂₄₀P₁₀₀K₂₈₀, однако затраты минеральных удобрений при таком сочетании возрастали на 14 кг д.в./т, что не позволяет характеризовать вариант как эффективный.

Суммарное водопотребление кукурузы возрастает с улучшением условий водного и минерального питания растений (табл. 2).

Таблица 2 - Водопотребление кукурузы

| Показатель | Вариант водного режима почвы | Доза внесения минеральных удобрений, кг д.в./га | | | |
|------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| | | N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀ | N ₁₄₀ P ₆₀ K ₁₆₀ | N ₁₉₀ P ₈₀ K ₂₂₀ | N ₂₄₀ P ₁₀₀ K ₂₈₀ |
| Суммарное водопотребление, м ³ /га | А0 | 3820 | 3860 | 3940 | 3980 |
| | А1 | 3940 | 4000 | 4100 | 4140 |
| | А2 | 4020 | 4090 | 4200 | 4260 |
| | А3 | 4030 | 4120 | 4250 | 4310 |
| | А4 | 4170 | 4260 | 4390 | 4450 |
| Коэффициент водопотребления, м ³ /т | А0 | 770 | 653 | 635 | 632 |
| | А1 | 742 | 573 | 521 | 470 |
| | А2 | 744 | 565 | 463 | 461 |
| | А3 | 748 | 564 | 460 | 459 |
| | А4 | 780 | 577 | 475 | 477 |

В вариантах, где порог предполивной влажности почвы 70 % НВ поддерживался в течение всего периода вегетации культуры, а минеральные удобрения вносили дозой N₉₀P₄₀K₁₀₀, численные значения суммарного испарения влаги посевами кукурузы не превышали 3610...4100 м³/га. Повышение уровня предполивной влажности почвы до 80 % НВ в период от выметывания метелки до фазы молочно-восковой спелости зерна увеличивало суммарное водопотребление в среднем на 120 м³/га или 3,1 %, а при поддержании порога предполивной влажности почвы 80 % НВ в течение вегетационного периода объем потребляемой влаги возрастал на 9,2 %. При поддержании дифференцированных порогов предполивной влажности почвы 70-80-70 % НВ по схеме вариантов А2 (80 % НВ – в период «11 лист...молочно-восковая спелость») и А3 (80 % НВ – в период «7 лист...молочно-восковая спелость») величина суммарного испарения влаги кукурузой возрастала на 5,2...5,5 % в сравнении с контролем (вариант А0 – 70-70-70 % НВ).

В вариантах с более высоким уровнем минерального питания улучшение условий водообеспечения растений кукурузы увеличивало суммарное потребление влаги посевами в большей степени. Так, повышение уровня предполивной влажности почвы с 70 % НВ (вариант А0) до 80 % НВ (вариант А4) при внесении минеральных удобрений дозой N₉₀P₄₀K₁₀₀ увеличивало суммарное во-

допотребление кукурузы на 9,2 %, при внесении $N_{140}P_{60}K_{160}$ – на 10,4 %, $N_{190}P_{80}K_{220}$ – на 11,4 %.

Доля поливной воды в структуре приходной части водного баланса существенно изменялась в зависимости от метеоусловий вегетационного периода и уровня предполивной влажности почвы, поддерживаемой в соответствии со схемой опыта. Наибольшая доля оросительной влаги, 90,9 %, составляла в острозасушливом 2002 году в варианте поддержания предполивной влажности почвы 80 % НВ. В 2003 и 2004 годах, более обеспеченными атмосферными осадками, доля поливной воды в формировании приходной части водного баланса снижалась соответственно до 52,5 и 62,2 %. Наименьшая доля оросительной влаги, 43,1 %, в формировании приходной части водного баланса отмечена в варианте поддержания порога предполивной влажности почвы 70 % НВ в течение всего периода вегетации. Таким образом, за счет оросительных мелиораций восполняется превалирующая часть потребляемой на формирование урожая кукурузой влаги.

Поддержание постоянного порога предполивной влажности 70 % НВ в разные по обеспеченности климатическими ресурсами годы обеспечивается проведением 2...6 поливов по 380...640 м³/га. Повышение порога предполивной влажности почвы до 80 % НВ в период от выметывания метелки до молочно-восковой спелости зерна кукурузы связано с необходимостью проведения не более одного полива нормой 250 м³/га, 1...4 полива по 380 м³/га и 3...4 полива нормой 420 м³/га. Увеличение продолжительности периода поддержания предполивного уровня влажности почвы 80 % НВ от момента образования 11-го листа до молочно-восковой спелости зерна способствовало увеличению числа поливов по 250 м³/га (от 1...3), при сокращении числа поливов нормой 380 м³/га от 0...2. В целом за вегетацию для поддержания такого уровня предполивной влажности почвы требовалось провести 5...10 поливов оросительной нормой 1930...3830 м³/га. Для обеспечения дифференцированного водообеспечения кукурузы, 70-80-70 % НВ, при поддержании предполивного уровня 80 % НВ в течение периода от 7-го листа до молочно-восковой спелости зерна требуется проведение 5...11 поливов нормами 250...640 м³/га. Поддержание предполивного уровня влажности почвы 80 % НВ в течение всего периода вегетации в разные по обеспеченности климатическими ресурсами годы связано с необходимостью проведения от 6 до 13 поливов оросительной нормой 2180...4270 м³/га.

Анализ количественных показателей поливного режима кукурузы свидетельствует о его существенной изменчивости в различные по обеспеченности климатическими ресурсами годы. Изучение закономерностей изменения суммарного и среднесуточного испарения воды посевами показало существенное влияние погодных условий, складывающихся в период вегетации культуры. Доля дисперсии среднесуточного испарения воды посевами кукурузы, объясненная влиянием фактора погоды достигает 17,4 %, что требует внесения существенных коррективов при проектировании поливных режимов.

Анализ экспериментального материала и полученной зависимости показывает, что повышение уровня обеспеченности растений кукурузы элементами

минерального питания смещает точку наиболее эффективного использования влаги на формирование урожая зерна в сторону большей водообеспеченности, хотя и до определенного предела. В вариантах поддержания порога предполивной влажности почвы 80 % НВ в течение всего периода вегетации затраты потребляемой посевами воды на единицу продукции возрастали на всех изучаемых в опыте уровнях минерального питания. Важно также отметить, что повышение доз внесения минеральных удобрений до $N_{240}P_{100}K_{280}$ не способствовало существенному повышению эффективности использования влаги на формирование урожая зерна кукурузы гибрида РОСС-272 АМВ среднераннего срока созревания.

В силу ряда биологических особенностей, кукуруза положительно реагирует на внесение достаточно больших доз минеральных удобрений существенной прибавкой урожая. Однако длительное применение высоких доз минеральных удобрений, особенно азотных, приводит к повышению содержания нитратов в продуктивных частях растений, что может служить причиной отравления как животных, так и людей. Анализ численных значений содержания нитратов в зерне кукурузы подтвердило существенное влияние на этот показатель условий водного и минерального питания растений. Наименьшее количество нитратов в зерне кукурузы накапливалось при внесении минимальной в опыте дозы минеральных удобрений, $N_{90}P_{40}K_{100}$, в сочетании с поддержанием постоянного порога предполивной влажности почвы не ниже 80 % НВ. Снижение водообеспеченности посевов и повышение уровня минерального питания во все годы исследований увеличивало содержание нитратов в хозяйственно-ценной части урожая кукурузы. По результатам полевого эксперимента установлена закономерность и подобрана математическая форма описания зависимости содержания нитратов в зерне кукурузы при разных сочетаниях уровней водного и минерального питания растений:

$$Y = 78,1 - 1,09 \cdot X_1 + 1,75 \cdot X_2 + 0,005 \cdot X_1^2 + 0,02 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,68 \cdot X_2^2$$

где Y – содержание нитратов в зерне кукурузы, мг/кг;

X_1 – доза внесения минерального азота, кг д.в./га;

X_2 – урожайность кукурузы на зерно, т/га.

Коэффициент детерминации исследуемой зависимости $R^2 = 0,87$.

В пределах уровней факторов, установленных схемой опыта, содержание нитратов в зерне кукурузы изменяется от 14,2 до 123,9 мг/кг, что существенно ниже предельно допустимой концентрации для зернофуража, 300 мг/кг.

С энергетической точки зрения наиболее эффективными в опыте являлись сочетания внесения минеральных удобрений дозой $N_{190}P_{80}K_{220}$ при поддержании дифференцированных вариантов водообеспечения – А2 и А3. Численные значения коэффициента энергетической эффективности при таких сочетаниях факторов соответственно составил 2,64 и 2,67. Внесение минеральных удобрений дозой $N_{240}P_{100}K_{280}$ с энергетической точки зрения не обосновано, численные значения коэффициента энергетической эффективности при таком уровне минерального питания снижались.

Важно отметить, что поддержание порога предполивной влажности почвы на уровне 80 % НВ в течение всего периода вегетации кукурузы положи-

тельного эффекта не давало, коэффициент энергетической эффективности в сравнении с дифференцированными вариантами снижался на всех уровнях минерального питания.

Экономическая оценка эффективности возделывания кукурузы показала высокую окупаемость инвестиций в производство зерна этой культуры на орошаемых землях Волгоградской области. Расчеты свидетельствуют, что получение урожайности зерна кукурузы гибрида РОСС 272 АМВ на уровне 5...9 т/га в условиях орошения является экономически обоснованным и позволяет получать на каждый рубль вложенных затрат 0,38...1,03 р. чистого дохода.

Литература

1. Соколов А.С. Полив с - х культур ДМ «Фермер-Кубань-ЛК-1»// Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства//Сб.науч. тр. Рязань. – РГСХА, 2003. – вы. 7 часть II. – С.103-104.
2. Майер А.В. Водопотребление кукурузы при орошении // Научные технологии в мелиорации// Материалы международной конференции. – М. – ВНИИГиМ, 2005. - С. 130-134.

УДК 631.587:633.853.52

ФОРМИРОВАНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СОИ В РИСОВЫХ СЕВООБОРОТАХ

М.Н. Лытов

Волгоградский комплексный отдел ГНУ ВНИИГиМ, Волгоград, Россия;

В.В. Кравченко, С.Б. Адьяев

Калмыцкий филиал ГНУ ВНИИГиМ, Элиста, Россия

В современной практике производства риса на рисовых оросительных системах республики Калмыкия практически реализуется севооборот, который можно назвать «полубогарным». В нем периодически меняется экологическая обстановка для вредоносных организмов, в связи с чем улучшается фитосанитарное состояние полей; активно работают окислительные процессы; в больших объемах применяются агротехнические приемы борьбы с сорняками; представлена возможность с большей продуктивностью возделывать культуры богарного земледелия, в том числе – накопителей органики и биологического азота.

Производство сои в промежуточной после возделывания риса культуре перспективно в плане повышения рентабельности рисовых севооборотов и повышения плодородия почвы. Это происходит за счет накопления биологического азота и возможности внесения значительного количества органического вещества в виде соевой соломы, которая особенно ценна тем, что сбалансирована по азоту и не приводит к дополнительной фиксации этого элемента из почвы микроорганизмами. Основной проблемой возделывания сои в засушливых условиях региона на богаре являются жесткие условия водного питания, которые в отдельные острозасушливые годы препятствуют формированию хозяйственно-ценной части урожая и приводят к преждевременной гибели растений.

Средние многолетние запасы продуктивной влаги на богаре в условиях республики Калмыкия, в метровом слое почвы, на начало сева сои составляют 92 мм. Запасы продуктивной (от влажности устойчивого завядания до наименьшей влагоемкости) влаги в метровом слое почвы на уровне 117 мм обеспечиваются в 30 % случаев, на уровне 125 мм – в 20 % случаев, на уровне 153 мм – в 5 годах из столетнего ряда. Остаточные после риса запасы продуктивной влаги в почве отличаются высокой устойчивостью и в годы исследований изменялись для слоя 1 м от 169 до 177 мм. Высокие запасы почвенной влаги, потенциально доступной растениям сои при возделывании ее в промежуточных после риса посевах определяют возможность формирования иного продукционного процесса в сравнении с типичным богарным или орошаемым земледелием.

Экспериментальная часть исследований выполнялась в 2002-2004 годах на землях рисовой оросительной системы ОПХ «Харада» Октябрьского района республики Калмыкия. По количеству атмосферных осадков, выпавших за вегетационный период сои, 2002 год характеризовался как острозасушливый (35 мм), 2003 год – как средnezасушливый (81 мм), в 2004 году осадки поступили в среднемноголетнем объеме (93 мм). По результатам гранулометрического анализа образцов почвы опытного участка характеризуются среднесуглинистым составом. Плотность пахотного слоя 1,25-1,29 т/м³, скважность 47,3-49,0 %, наименьшая влагоемкость составляет 25,0-28,3 % от массы сухой почвы. Реакция почвенного раствора нейтральная (рН = 6,5-7,4), обеспеченность легкогидролизуемым азотом и подвижным фосфором низкая, обменным калием – высокая.

Опыт проводили по трехфакторной схеме с сортами очень раннего (ВНИИОЗ-86 – С1), раннего (ВНИИОЗ-76 – С2) и среднераннего (Волгоградка-1 – С3) сроков созревания (фактор С). Минеральные удобрения (фактор А) вносили дозами N₁₅P₂₅ (планируемая урожайность зерна 1,5 т/га – В2), N₄₅P₆₅ (2,0 т/га – В3), N₇₅P₁₀₀ (2,5 т/га – В4) с применением и без обработки бактериальными удобрениями (ризоторфином). Контроль – естественное плодородие почвы при посеве инокулированными семенами и без обработки нитрагином.

Исследования показали, что водный режим почвы оказывает определяющее влияние на рост, развитие и продуктивность сои при возделывании в промежуточной после риса культуре. В свою очередь, агротехнические приемы возделывания сои, особенно – удобрение, минеральное или бактериальное, оказывают существенное влияние на динамику изменения влажности почвы, определяя тот или иной уровень водообеспеченности растений в разные фазы развития.

В таблице 1 отображены данные по влажности почвы в слое 0,8 м при различных сочетаниях исследуемых в опыте факторов в периоды ветвления, начала цветения и начала формирования бобов. Объемы активных влагозапасов почвы в эти периоды позволяют прогнозировать дальнейшее развитие растений, урожай и качество зерна сои.

Из таблицы видно, что к началу ветвления растений сои, запасов почвенной влаги еще достаточно для активного роста и развития растений, они не лимитируют интенсивность протекания физиологических процессов. На участках,

где был посеян сорт сои ВНИИОЗ -86, очень раннего срока созревания влажность почвы в слое 0,8 м изменялась в пределах 79,4-80,4 % НВ. Статистически значимого влияния фактора питательного режима растений в этот период не отмечено. На участках, где были посеяны сорта более поздних групп созревания, наступление фазы начала ветвления было отмечено позднее, чем по сорту ВНИИОЗ-86, что определило более иссушенное состояние почвы в этот период. Например, в посевах сорта ВНИИОЗ-76 раннего срока созревания к началу ветвления влажность почвы в слое 0,8 м составила 78,9-79,4 % НВ, а на участках, где высевали сорт Волгоградка 1, среднераннего срока созревания – 76,8-77,3 % НВ. Таким образом, уже в период ветвления растений в вариантах посева сортов сои более поздних групп спелости почва иссушалась в большей степени, чем при посеве сорта ВНИИОЗ-86, очень раннего срока созревания.

Таблица 1 - Динамика запасов влаги в почве (слой 0,8 м) при возделывании сои в рисовых чеках, 2004 г.

| Сорт | Обработка нитраги- ном | Внесено ми- неральных удобрений, кг д.в./Га | Влажность почвы, % НВ, в период | | | |
|--------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| | | | ветвле- ния | начала цветения | начала форми- рования бобов | начала созрева- ния |
| ВНИИОЗ-86, очень ранний | - | – | 80,4 | 73,7 | 72,1 | 63,7 |
| | | N ₁₅ P ₂₅ | 80,4 | 71,3 | 69,0 | 59, |
| | | N ₄₅ P ₆₅ | 79,9 | 68,7 | 65,6 | 56,1 |
| | | N ₇₅ P ₁₀₀ | 79,4 | 64,9 | 61,8 | 53,0 |
| | + | – | 80,4 | 72,6 | 70,6 | 61,6 |
| | | N ₁₅ P ₂₅ | 80,1 | 69,8 | 66,7 | 57,2 |
| | | N ₄₅ P ₆₅ | 79,6 | 66,7 | 62,5 | 53,3 |
| | | N ₇₅ P ₁₀₀ | 79,4 | 64,1 | 61,0 | 53,0 |
| ВНИИОЗ-76, ранний | - | – | 79,4 | 66,4 | 61,8 | 52,3 |
| | | N ₁₅ P ₂₅ | 79,1 | 62,0 | 57,1 | 48,1 |
| | | N ₄₅ P ₆₅ | 78,9 | 57,9 | 53,0 | 44,3 |
| | | N ₇₅ P ₁₀₀ | 78,6 | 55,5 | 50,3 | 41,7 |
| | + | – | 79,4 | 65,6 | 61,0 | 51,5 |
| | | N ₁₅ P ₂₅ | 79,1 | 62,0 | 56,6 | 47,6 |
| | | N ₄₅ P ₆₅ | 78,9 | 58,1 | 53,2 | 44,8 |
| | | N ₇₅ P ₁₀₀ | 78,9 | 57,6 | 52,7 | 44,3 |
| Волгоградка-1, среднеранний | - | – | 77,3 | 57,9 | 54,8 | 48,7 |
| | | N ₁₅ P ₂₅ | 76,8 | 54,5 | 51,7 | 45,3 |
| | | N ₄₅ P ₆₅ | 76,8 | 49,9 | 47,3 | 41,7 |
| | | N ₇₅ P ₁₀₀ | 76,8 | 47,8 | 45,7 | 40,4 |
| | + | – | 77,3 | 57,9 | 54,8 | 48,7 |
| | | N ₁₅ P ₂₅ | 76,8 | 49,9 | 47,3 | 41,7 |
| | | N ₄₅ P ₆₅ | 76,8 | 49,3 | 47,0 | 41,4 |
| | | N ₇₅ P ₁₀₀ | 76,8 | 47,8 | 45,7 | 40,4 |

К началу периода цветения сои влажность почвы в посевах сортов ВНИИОЗ-76 и Волгоградка 1, раннего и среднераннего срока созревания понижалась до критического уровня. В посевах сои сорта ВНИИОЗ-76 на участках без внесения минеральных удобрений влажность почвы в слое 0,8 м составляла 65,6-66,4 % НВ и в определенной степени обеспечивала протекание физиологических процессов, а в посевах сорта Волгоградка 1 к началу периода цветения влажность почвы также в неудобренных вариантах снижалась до 57,9 % НВ. В посевах сорта ВНИИОЗ-86, очень раннего срока созревания, на участках без внесения минеральных удобрений влажность почвы в слое 0,8 м составила 72,6-73,7 % НВ, что обеспечило протекание фазы в более благоприятных условиях.

Существенное влияние на объемы сохранившихся влагозапасов почвы в этот период оказывает уровень минерального питания и применение бактериальных удобрений. Например, в посевах сорта ВНИИОЗ-86 при посеве не инокулированными семенами, внесение минеральных удобрений дозой $N_{15}P_{25}$ способствовало более динамичному иссушению влажности почвы в сравнении с неудобренными вариантами. Влажность почвы к началу цветения составила 71,3 % НВ, что на 2,4 % НВ меньше, в сравнении с участками вариантов без внесения минеральных удобрений. При внесении минеральных удобрений дозой $N_{45}P_{65}$, влажность почвы в слое 0,8 м снизилась до 68,7 % НВ, а при внесении $N_{75}P_{100}$ – до 64,9 % НВ.

При посеве инокулированными семенами с повышением доз внесения минеральных удобрений влажность почвы, определенная на момент начала цветения, снижалась, но с несколько другой динамикой. Например, даже на неудобренных вариантах при посеве сои семенами, обработанными нитрагином почва оказалась на 1,1 % НВ более иссушенная, чем при посеве не инокулированными семенами. При внесении минеральных удобрений дозами $N_{15}P_{25}$ и $N_{45}P_{65}$ и обработке семян нитрагином эта разница возросла до 1,5-2,1 % НВ, а при внесении $N_{75}P_{100}$ – не превышала 0,8 % НВ. Эта динамика характерна для инокулированных вариантов и тесно взаимосвязана с закономерностями формирования органической массы в посевах: при инокуляции наиболее динамично растения сои развиваются в сочетании с внесением минеральных удобрений дозой $N_{15}P_{25}$ и $N_{45}P_{65}$, а без обработки нитрагином – при внесении $N_{75}P_{100}$.

К началу формирования бобов влажность почвы в слое 0,8 м снижалась еще в большей степени и на вариантах, где были посеяны сорта раннего и среднераннего срока созревания – до критического уровня. Например, в посевах сорта Волгоградка-1 в зависимости от условий минерального питания влажность почвы к этому моменту составляла 45,7-54,8 % НВ. При такой влажности наблюдалось массовое осыпание бобов, а также существенно тормозился процесс налива бобов, вследствие чего при любых сочетаниях минерального и биологического питания урожайность зерна сои этого сорта была крайне низка.

В посевах сорта ВНИИОЗ-86 очень раннего срока созревания влажность почвы в слое 0,8 м к началу формирования бобов составляла 61,0-72,1 % НВ. С повышением доз внесения минеральных удобрений динамика иссушения почвы существенно возрастала: при посеве неинокулированными семенами к началу формирования бобов влажность почвы снижалась с 72,1 до 61,8 % НВ, при

инокулированном фоне – с 70,6 до 61,0 % НВ. Таким образом, при повышении уровня минерального питания и применении бактериальных удобрений, вследствие более динамичного развития органической массы растений и нарастания эвапотранспирации, почва к моменту наступления критических фаз развития сои оказывается более иссушенной. Вместе с тем при улучшении питательного режима растений вода на формирование урожая расходуется более экономно. Динамика этих процессов при возделывании сои в промежуточной после риса культуре определяет хозяйственный результат производства – урожайность зерна.

Урожайность сои в посевах сои раннего (ВНИИОЗ-76) и среднераннего (Волгоградка-1) срока созревания во все годы исследований формировалась на низком уровне и слабо изменялась при варьировании уровней применяемых агротехнических приемов (табл. 2).

Таблица 2 - Урожайность зерна сои при возделывании в рисовых севооборотах

| Сорт | Обработка нитраги- ном | Внесено ми- неральных удобрений, кг д.в./га | Урожайность, т/га, в годы | | | |
|--------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------|------|------|---------|
| | | | 2002 | 2003 | 2004 | Средняя |
| ВНИИОЗ-86, очень ранний | – | – | 0,55 | 0,75 | 0,70 | 0,67 |
| | | N ₁₅ P ₂₅ | 1,00 | 1,35 | 1,28 | 1,21 |
| | | N ₄₅ P ₆₅ | 1,35 | 1,82 | 1,72 | 1,63 |
| | | N ₇₅ P ₁₀₀ | 1,35 | 1,84 | 1,77 | 1,65 |
| | + | – | 0,72 | 0,95 | 0,90 | 0,86 |
| | | N ₁₅ P ₂₅ | 1,33 | 1,72 | 1,66 | 1,57 |
| | | N ₄₅ P ₆₅ | 1,42 | 1,88 | 1,75 | 1,68 |
| | | N ₇₅ P ₁₀₀ | 1,38 | 1,86 | 1,74 | 1,66 |
| ВНИИОЗ-76, ранний | – | – | 0,38 | 0,50 | 0,47 | 0,45 |
| | | N ₁₅ P ₂₅ | 0,62 | 0,8 | 0,76 | 0,73 |
| | | N ₄₅ P ₆₅ | 0,81 | 1,12 | 1,02 | 0,98 |
| | | N ₇₅ P ₁₀₀ | 0,80 | 1,08 | 1,02 | 0,97 |
| | + | – | 0,47 | 0,64 | 0,6 | 0,57 |
| | | N ₁₅ P ₂₅ | 0,65 | 0,97 | 0,92 | 0,85 |
| | | N ₄₅ P ₆₅ | 0,80 | 1,08 | 1,02 | 0,97 |
| | | N ₇₅ P ₁₀₀ | 0,78 | 1,05 | 1,00 | 0,94 |
| Волгоградка-1, среднеранний | – | – | 0,25 | 0,33 | 0,31 | 0,30 |
| | | N ₁₅ P ₂₅ | 0,42 | 0,54 | 0,51 | 0,49 |
| | | N ₄₅ P ₆₅ | 0,45 | 0,64 | 0,61 | 0,57 |
| | | N ₇₅ P ₁₀₀ | 0,42 | 0,60 | 0,57 | 0,53 |
| | + | – | 0,28 | 0,37 | 0,35 | 0,33 |
| | | N ₁₅ P ₂₅ | 0,45 | 0,64 | 0,61 | 0,57 |
| | | N ₄₅ P ₆₅ | 0,45 | 0,64 | 0,61 | 0,57 |
| | | N ₇₅ P ₁₀₀ | 0,4 | 0,60 | 0,57 | 0,52 |

Так, в посевах сорта ВНИИОЗ-76 средняя за годы исследований урожайность зерна сои изменялась от 0,45 до 0,98 т/га, увеличиваясь при внесении минеральных удобрений на 0,28-0,53 т/га. При этом доза внесения удобрений не имела существенного значения. В посевах сорта Волгоградка-1 (среднераннего срока созревания) урожайность формировалась на еще более низком уровне (0,30-0,57 т/га), а эффект от применения минеральных удобрений не превышал 0,19-0,27 т/га.

В посевах сои очень раннего срока созревания (ВНИИОЗ-86), средняя за годы исследований урожайность сои на участках, где минеральные и бактериальные (нитрагин) удобрения не применялись, составила 0,67 т/га, что на 0,22-0,37 т/га выше в сравнении с сортами ВНИИОЗ-76 и Волгоградка-1. Внесение минеральных удобрений дозой $N_{15}P_{25}$ без применения нитрагина повышало урожайность зерна на 0,45 т/га, а повышение дозы удобрений до $N_{45}P_{65}$ и $N_{75}P_{100}$ обеспечивало формирование 1,35 т/га зерна, что на 0,80 т/га больше, чем на контроле. Таким образом, в посевах без применения нитрагина, наиболее эффективно внесение минеральных удобрений дозой $N_{45}P_{65}$. Прибавка в сравнении с вариантами внесения минеральных удобрений дозой $N_{15}P_{25}$ составила 0,42 т/га, а в сравнении с вариантом внесения $N_{75}P_{100}$ недобор урожайности составил 0,02 т/га, что не является статистически достоверным ($НСР_{05} = 0,15$ т/га). Отсутствие эффекта от внесения минеральных удобрений дозой $N_{75}P_{100}$ объясняется лимитирующим значением водных ресурсов. В начальные периоды развития растения растут и накапливают органическую массу более динамично на участках, обеспеченных элементами минерального питания. Вместе с тем мощная органическая масса, накопленная растениями, определяет существенную интенсификацию эвапотранспирации и более динамичное иссушение почвы, в результате чего в наиболее ответственные фазы формирования урожая соя в большей степени испытывает дефицит водообеспечения. Это приводит к замедлению протекания физиологических процессов, стимулирует опадание цветков и бобов с растения, ингибирует налив бобов, что в комплексе снижает потенциальную продуктивность.

При обработке семян сои бактериальным удобрением в вариантах без применения минеральных удобрений урожайность составила 0,72 т/га; эффект от применения нитрагина составил 0,17 т/га. Наиболее существенно, на 0,61 т/га, в вариантах с применением бактериального удобрения урожайность сои возрастала при внесении $N_{15}P_{25}$. Дальнейшее повышение доз внесения минеральных удобрений на фоне обработки семян сои нитрагином не обеспечивало существенного роста продуктивности посевов.

Исследования показали, что возделывание сои в промежуточной после риса культуре, эффективно при использовании сортов очень ранней группы спелости, обеспечивающих прохождение наиболее ответственных периодов формирования урожая при относительно достаточном обеспечении водой растений, которая определяется влажностью почвы. Удобрение сои в рисовых севооборотах, как минеральное, так и бактериальное, стимулирует рост и продукционный процесс растений до определенного момента. Без применения нитрагина эффективно вносить минеральные удобрения дозой не более $N_{45}P_{65}$ (есте-

ственно, поскольку доза рассчитана на планируемый уровень урожайности 2,0 т/га зерна, то количество вносимых удобрений будет существенно зависеть от уровня естественного плодородия почвы). При обработке семян сои бактериальными удобрениями минеральные удобрения целесообразно вносить дозой $N_{15}P_{25}$, рассчитанной на формирование 1,5 т/га зерна.

УДК 628.36 : 628.387.3

ВЛИЯНИЕ МНОГОЛЕТНЕГО ОРОШЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИМИ СТОКАМИ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ТРАВ

В.С. Меркурьев, Т.А. Михалева

ВНИИ «Прогресс», Ст. Купавна, Россия;

А.В. Шуравилин

РУДН, Москва, Россия

Животноводческие стоки являются одним из видов органических удобрений. Однако последствие их многолетнего использования на орошение, а именно влияние на урожайность и качество кормовых культур изучено недостаточно. В связи с этим в 2001-2003 гг. были проведены опыты в племсовхозе «Нароосановский» Московской области, где изучалось влияние трехлетнего (вариант 2), десятилетнего (вариант 3) и двадцатилетнего (вариант 4) орошения многолетних трав животноводческими стоками. В контрольном варианте 1 орошение не проводилось.

Результаты исследований показали, что удобрительное орошение животноводческими стоками оказало положительное влияние на урожайность многолетних трав. За основной период эксплуатации полей орошения в последние годы в хозяйстве применяется двухукосный режим использования многолетних трав. Первый укос трав на зеленую массу проводился в фазу начала колошения. Продолжительность отрастания трав после зимнего возобновления составляла примерно 50-55 дней. Ко второму укосу приступали при высоте вегетативных побегов не менее 40 см, и второе скашивание осуществляли в третьей декаде августа. Наибольшая урожайность многолетних трав в среднем за три года была получена при внесении стоков в течение 20 лет – 48,3 т/га зелёной массы, что было больше контроля на 28,7 т/га или на 147,2%. Внесение животноводческих стоков в течение 10 лет (вариант 3) повышало урожайность по сравнению с контролем на 115%, а в варианте, где стоки вносились в течение 3 лет – на 69,2% (табл. 1). Следовательно, по мере увеличения периода внесения животноводческих стоков последствие их на урожайность зелёной массы трав стабильно повышалась.

Наиболее высокая урожайность зелёной массы трав по годам исследований была получена в относительно влажном 2003 году. При многолетнем внесении стоков (в течение 20 лет) она составляла 50, 24 т/га, что было больше контроля на 95,3%. В засушливом 2002 году урожайность многолетних трав на зелёную массу была наименьшей из всех в рассматриваемые годы исследований.

Таблица 1 - Урожайность зелёной массы многолетних злаковых трав в зависимости от длительности внесения животноводческих стоков, т/га

| Вариант опыта | 2001 г. | | | 2002 г. | | | 2003 г. | | | за 2001 – 2003 г. | | |
|-------------------|-----------|-----------|-------|-----------|-----------|-------|-----------|-----------|-------|-------------------|----------|-------|
| | 1 укос | 2 укос | всего | 1 укос | 2 укос | всего | 1 укос | 2 укос | всего | среднее | прибавка | |
| | | | | | | | | | | | т/га | % |
| 1 | 13,2 | 7,15 | 20,35 | 8,97 | 3,67 | 12,64 | 16,20 | 9,52 | 25,72 | 19,54 | - | - |
| 2 | 22,3 | 13,15 | 35,82 | 20,76 | 8,07 | 28,83 | 23,03 | 13,53 | 36,56 | 33,07 | 13,53 | 69,2 |
| 3 | 26,67 | 14,41 | 41,03 | 25,53 | 14,09 | 39,62 | 26,58 | 19,25 | 45,83 | 42,16 | 22,62 | 115,8 |
| 4 | 30,01 | 18,4 | 48,41 | 29,84 | 16,41 | 46,25 | 29,64 | 20,60 | 50,24 | 48,30 | 28,76 | 147,2 |
| НСР ₀₅ | 3,84 | 2,65 | | 4,16 | 2,24 | | 3,02 | 1,17 | | | | |

Распределение урожая многолетних трав по укосам свидетельствует, что наибольшая доля от общей урожайности приходится на первый укос (58- 73%).

В зависимости от урожайности многолетних трав изменялся вынос питательных веществ. При определении площадей утилизации годового объёма животноводческих стоков важным моментом является знание коэффициента использования питательных веществ из животноводческих стоков. Данный показатель определяется культурой, типом почв, почвенно-климатическими условиями возделывания сельскохозяйственных культур, объёмом внесения животноводческих стоков и сбалансированностью биогенных элементов в стоках.

Коэффициент использования питательных веществ из животноводческих стоков при одинаковом объёме их внесения по вариантам удобрительного орошения нормой 300 м³/га повышался (табл.2).

Таблица 2 - Вынос питательных веществ урожаем и коэффициенты их использования из животноводческих стоков на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (среднее за 2001-2003 гг.)

| Номер вар-та | Варианты опыта | Урожайность зелёной массы, т/га | Вынос питательных веществ, кг/га | | | Коэффициент использования, % | | |
|--------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------|-------|------------------------------|------|------|
| | | | N | P | K | N | P | K |
| 1 | Контроль (без внесения стоков) | 19,54 | 42,5 | 17,9 | 58,8 | - | - | - |
| 2 | Внесение стоков в течение 3 лет | 33,07 | 88,6 | 26,2 | 106,2 | 25,6 | 6,5 | 24,4 |
| 3 | Внесение стоков в течение 10 лет | 42,16 | 104,8 | 33,2 | 136,6 | 34,6 | 12,1 | 40,1 |
| 4 | Внесение стоков в течение 20 лет | 48,30 | 142,8 | 44,4 | 174,9 | 55,7 | 21,0 | 59,8 |

Так, при внесении в почву животноводческих стоков в течение трёх лет (2001-2003 гг.) коэффициенты использования азота, фосфора и калия были наименьшими из рассматриваемых вариантов и в среднем составляли 25,6%; 6,5% и 24,4% соответственно. Наибольший коэффициент использования пита-

тельных веществ был получен в варианте с внесением стоков в течение 20 лет: 55,7%, 21,0% и 59,8% соответственно по азоту, фосфору и калию. Таким образом, с увеличением длительности внесения стоков от 3 до 20 лет коэффициент использования из поступивших в почву животноводческих стоков возрос в 2,2 раза по азоту, в 3,2 раза по фосфору и в 2,4 раза по калию. Такая закономерность объясняется ростом урожайности многолетних трав при многолетнем удобрительном орошении животноводческими стоками и большим выносом питательных веществ урожаем.

Многолетнее внесение животноводческих стоков способствовало получению кормов с высокой питательной ценностью (табл.3).

Таблица 3 - Зоотехнические свойства многолетних трав при длительном внесении животноводческих стоков

| Вариант опыта | Сухое вещество, % | В % к сухой массе | | | | | Содержание в 1 кг корма, к.е. |
|--------------------------|-------------------|-------------------|-----|-----------|-------|------|-------------------------------|
| | | сырой протеин | жир | клетчатка | сахар | зола | |
| 2002 г. | | | | | | | |
| 1 | 28,1 | 7,4 | 2,6 | 33,47 | 6,1 | 8,1 | 0,59 |
| 2 | 25,9 | 9,1 | 3,1 | 32,95 | 4,4 | 8,7 | 0,61 |
| 3 | 25,3 | 11,7 | 3,4 | 30,25 | 3,4 | 9,1 | 0,61 |
| 4 | 24,6 | 13,5 | 3,8 | 28,58 | 2,2 | 9,6 | 0,61 |
| НСР ₀₅ | 1,5 | 1,3 | 0,3 | 1,62 | 0,94 | 0,92 | 0,05 |
| 2003 г. | | | | | | | |
| 1 | 27,4 | 6,9 | 2,9 | 32,95 | 6,2 | 7,9 | 0,60 |
| 2 | 25,3 | 9,8 | 3,7 | 32,09 | 4,2 | 8,5 | 0,60 |
| 3 | 24,9 | 11,9 | 3,9 | 31,14 | 3,5 | 9,3 | 0,61 |
| 4 | 24,0 | 13,1 | 4,2 | 29,46 | 2,3 | 9,8 | 0,62 |
| НСР ₀₅ | 1,4 | 0,9 | 0,4 | 1,47 | 4,1 | 0,8 | 0,05 |
| Среднее за 2002-2003 гг. | | | | | | | |
| 1 | 27,7 | 7,1 | 2,7 | 33,21 | 6,1 | 8,0 | 0,595 |
| 2 | 25,6 | 9,4 | 3,4 | 32,52 | 4,3 | 8,6 | 0,605 |
| 3 | 25,1 | 11,8 | 3,6 | 30,70 | 3,4 | 9,2 | 0,610 |
| 4 | 24,3 | 13,3 | 4,0 | 29,02 | 2,2 | 9,7 | 0,615 |

Из положительных изменений зоотехнического состава кормовой массы при многолетнем внесении животноводческих стоков следует отметить увеличение содержания протеина, жира, золы и снижение содержания клетчатки и сахаров. Содержание в сухом корме кормовых единиц было практически стабильным с некоторой тенденцией их повышения при многолетнем внесении животноводческих стоков. При многолетнем внесении животноводческих стоков (20 лет) по сравнению с контролем содержание сырого протеина увеличилось в 1,9 раза, сырого жира – в 1,5 раза и золы – в 1,21 раза, но в то же время содержание сухого вещества в корме уменьшилось в 1,14 раза, клетчатки – в 1,14 раза, а сахара – в 2,8 раза.

В химическом составе многолетних трав при внесении животноводческих стоков отмечены существенные изменения, особенно при многолетнем удобрительном использовании стоков (табл. 4).

Таблица 4 - Влияние многолетнего внесения животноводческих стоков на химический состав многолетних злаковых трав, % сухого вещества

| Варианты опыта | Азот общий | Калий (K ₂ O) | Фосфор (P ₂ O ₅) | Кальций (Ca) | Магний (Mg) | $\frac{Ca}{P}$ | $\frac{K}{Ca+Mg}$ |
|---------------------------|------------|--------------------------|-----------------------------------------|--------------|-------------|----------------|-------------------|
| 2002 г. | | | | | | | |
| 1 | 1,18 | 1,42 | 0,29 | 0,64 | 0,26 | 2,20 | 1,58 |
| 2 | 1,45 | 1,74 | 0,36 | 0,62 | 0,25 | 1,72 | 2,00 |
| 3 | 1,87 | 2,24 | 0,41 | 0,60 | 0,22 | 1,46 | 2,73 |
| 4 | 2,16 | 2,59 | 0,44 | 0,53 | 0,21 | 1,20 | 3,50 |
| НСР ₀₅ | 0,21 | 0,30 | 0,05 | 0,07 | 0,06 | | |
| 2003 г. | | | | | | | |
| 1 | 1,10 | 1,32 | 0,33 | 0,68 | 0,30 | 2,06 | 1,34 |
| 2 | 1,57 | 1,88 | 0,35 | 0,62 | 0,26 | 1,77 | 2,13 |
| 3 | 1,89 | 2,27 | 0,42 | 0,58 | 0,24 | 1,38 | 2,77 |
| 4 | 2,09 | 2,51 | 0,46 | 0,51 | 0,23 | 1,11 | 3,39 |
| НСР ₀₅ | 0,26 | 0,24 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | | |
| Среднее за 2002 – 2003 г. | | | | | | | |
| 1 | 1,14 | 1,37 | 0,31 | 0,68 | 0,28 | 2,19 | 1,42 |
| 2 | 1,51 | 1,81 | 0,35 | 0,62 | 0,26 | 1,77 | 2,06 |
| 3 | 1,88 | 2,26 | 0,41 | 0,59 | 0,23 | 1,44 | 2,75 |
| 4 | 2,13 | 2,55 | 0,45 | 0,52 | 0,22 | 1,16 | 3,44 |

В урожае трав при 20-ти летнем внесении стоков по сравнению с контролем отмечается увеличение содержания калия – в среднем в 1,9 раза, фосфора – с 0,31 до 0,45%. Содержание магния снижается от 0,28% на контроле до 0,22% в варианте 4 и кальция от 0,68 до 0,52%, но по вариантам опыта все химические вещества были близкими к оптимальным величинам. Отношение Ca:P в контроле в среднем составляло 2,19, а при длительном внесении стоков (20 лет) оно снизилось до 1,16, а соотношение K:(Ca+Mg) было наибольшим при многолетнем внесении стоков (вар. 4) – 3,44, что больше контроля в 2,4 раза. Однако в целом рассматриваемые отношения по всем вариантам были благоприятными для корма злаковых трав.

Таким образом, корма, возделываемые на полях орошения с проведением удобрительных поливов, по химическому составу соответствовали качеству кормов в контроле (без внесения стоков).

В целом биохимический состав кормов при орошении животноводческими стоками по большинству показателей улучшается, за исключением содержания нитратов. Полученные данные (табл. 5) показали, что содержание нитратов в зелёной массе мало изменялось в зависимости от длительности внесения стоков и находилось на уровне 487 мг/кг в контроле и 660 мг/кг при ежегодном внесении животноводческих стоков в течение 20 лет. В целом, животноводческие стоки повышали содержание нитратов в зелёной массе на 3,5 – 35,5%, изменяясь в зависимости от длительности внесения стоков. Следовательно, внесение животноводческих стоков заметно не ухудшало качественные показатели зелёной массы по содержанию нитратов. Общее высокое содержание нитратов как в контроле (без стоков), так и в опытных вариантах (внесение стоков 2–3

года, 10 и 20 лет) обусловлено, по-видимому, большим содержанием в почве и их доступностью для многолетних трав. Однако необходимо отметить, что во всех вариантах опыта, в том числе и в контроле, показатели нитратов в зелёной массе были несколько выше ПДК в среднем за 2 года – 487 - 660 мг/кг (ПДК для зелёной массы принято 500 мг/га). Это свидетельствует о том, что перед скармливанием животным зелёную массу следует подвергать предварительной обработке и смешивать с другими кормами. Как правило, эти корма закладываются на сенаж и в процессе хранения происходит снижение содержания нитратов.

Таблица 5 - Влияние многолетнего удобрительного орошения животноводческими стоками на содержание нитратов в кормовой массе многолетних трав, мг/кг

| Номер варианта | Годы исследований | | Среднее |
|----------------|-------------------|------|---------|
| | 2002 | 2003 | |
| 1 | 489 | 485 | 487 |
| 2 | 501 | 507 | 504 |
| 3 | 551 | 543 | 547 |
| 4 | 643 | 677 | 660 |

Следует отметить, что токсичность нитратов в кормовых культурах существенно зависит от сбалансированного рациона, и она резко снижается при обеспеченности животных углеводами, аскорбиновой кислотой и каротином.

При удобрительном орошении животноводческими стоками наибольшую опасность в накоплении урожая вредные вещества представляют микроэлементы и тяжёлые металлы. Надземные органы растений довольно чутко реагируют на повышение концентрации микроэлементов в почве, увеличивая их содержание в тканях растений.

Многочисленными исследованиями установлена избирательная способность растений к поглощению ионов микроэлементов: дефицитные – интенсивно поглощаются корнями, избыточные – энергично задерживаются. Совместными действиями обоих процессов в растениях поддерживается необходимый элементарный химический состав.

В то же время растения не в состоянии переносить очень высокие концентрации микроэлементов, не способны полностью исключать проникновение избыточного их количества, выше которых у них обнаруживается угнетение, снижение продуктивности и качества кормов.

Результаты по содержанию микроэлементов и тяжёлых металлов в кормовой продукции приведены в таблице 6.

Из данных таблицы следует, что многолетнее внесение животноводческих стоков по сравнению с контролем повышало содержание микроэлементов и тяжёлых металлов: Cu – с 0,84 до 1,08; Zn – с 3,5 до 5,3; Pb – с 0,34 до 0,48; Mn – с 3,8 до 5,7; Mo – с 0,18 до 0,34; Co – с 0,06 до 0,15 мг/кг. Однако их количество не превышало максимально допустимых уровней.

Таблица 6 - Содержание микроэлементов и тяжёлых металлов в зелёной массе многолетних трав, мг/кг сухого вещества за 2002 г.

| Номер варианта | Микроэлементы и тяжёлые металлы | | | | | | | | | |
|----------------|---------------------------------|-----|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| | Cu | Zn | Pb | Fe | Mn | Cd | Mo | Cr | Ni | Co |
| 1 | 0,84 | 3,5 | 0,34 | 69,4 | 3,8 | 0,01 | 0,18 | 0,08 | 0,14 | 0,06 |
| 2 | 0,97 | 4,2 | 0,39 | 75,7 | 4,9 | 0,02 | 0,27 | 0,12 | 0,19 | 0,12 |
| 3 | 1,03 | 4,7 | 0,43 | 78,2 | 5,3 | 0,02 | 0,31 | 0,14 | 0,21 | 0,14 |
| 4 | 1,08 | 5,3 | 0,48 | 85,6 | 5,7 | 0,02 | 0,34 | 0,15 | 0,22 | 0,15 |
| МДУ | 30 | 50 | | 100 | | 0,3 | 3,0 | 0,5 | 3,0 | |

Таким образом, для повышения урожайности и качества многолетних злаковых трав на зелёную массу при двухукосном их возделывании в качестве органических удобрений рекомендуется вносить подготовленные животноводческие стоки КРС по норме азота по 150 м³/га под каждый укос. Последствие многолетнего их влияния, повышая урожай многолетних трав, не снижает его качество.

УДК 631.6

ПРОБЛЕМЫ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ В НИЗОВЬЯХ р.АМУДАРЬИ

А.Н.Морозов

ОАО Гидропроект, Москва, Россия

Ю.И.Широкова

НПО САНИИРИ, Ташкент, Республика Узбекистан

Литолого - геоморфологическое строение осадочных отложений, заполнивших замкнутые природные котловины в низовьях Амударьи, обуславливает крайне затруднённые условия подземного оттока грунтовых вод. За счет слабой естественной дренированности территории, вызванной очень малыми уклонами поверхности (0,0001 – 0,0002), при достаточно высокой влагопроводности (в горизонтальном направлении) сильно водопроницаемых прослоек песков и супесей, происходит передача гидростатического давления в грунтовых водах от рек и каналов, поливаемых и промываемых полей (подпор и выпор грунтовых вод) к близлежащим территориям. Формирование режима грунтовых вод происходит непосредственно под влиянием фильтрации из реки и крупных каналов и тесно связано с колебаниями уровней воды в них, а на орошаемых землях (под влиянием орошения и промывок), имеет четко выраженный сезонный характер.

Из-за особенностей литологического строения почвогрунтов и большой протяженности каналов в земляном русле, при транспортировании воды происходят значительные фильтрационные потери. При плохом техническом состоянии проводящей сети каналов и водоотводящих систем, нарушениях поливного

режима и отсталой технике полива, на значительной части низовьев Амударьи мелиоративное состояние орошаемых земель - неблагоприятное.

В качестве примера, рассмотрим проблемы Хорезмской области, типичной для низовий.

Здесь построено 2411,7 км магистральных и межхозяйственных каналов, в том числе 258,5 км в бетонной одежде, из которых 31 % требует ремонта. Внутрихозяйственных каналы имеют протяженность 13493 км, (из них только 150,3 км в бетонной одежде и 340,8 км лотковые оросители), 29,9 % бетонированных и лотковых оросителей и 20 % внутрихозяйственных каналов в земляном русле, находятся в неудовлетворительном состоянии. КПД магистральных и межхозяйственных каналов в Хорезмской области составляет 0,83, а внутрихозяйственных оросительных систем - 0,72.

По сравнению с другими областями Узбекистана, удельные показатели водозабора и водоотведения в Хорезмской области рекордно высоки (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1 - Водозабор и водоотведение по Хорезмской области за ряд лет (данные Министерства сельского и водного хозяйства)

| Годы | Орошаемая площадь, тыс. га | Водозабор | | Водоотведение | | Удельные показатели, тыс.м ³ /га | | |
|------|----------------------------|---------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|---------------------------------------------|---------------|-------------------------------|
| | | Объём млн. м ³ | Минерализация, г/л | Объём млн.м ³ | Минерализация, г/л | Водозабор | Водоотведение | Безвозвратное водопотребление |
| 1990 | 259,6 | 4493 | 0,9 | 2740 | 3,7 | 18 | 11 | 7 |
| 1991 | 258,5 | 4673 | 0,9 | 3194 | 3,0 | 19 | 13 | 6 |
| 1992 | 259,1 | 5213 | 0,8 | 3835 | 2,7 | 21 | 15 | 6 |
| 1993 | 261,8 | 5104 | 0,9 | 3907 | 2,7 | 20 | 15 | 5 |
| 1994 | 267,1 | 5114 | 0,9 | 4009 | 2 | 21 | 16 | 5 |
| 1995 | 270,8 | 4361 | 0,9 | 3105 | 2,3 | 17 | 12 | 5 |
| 1996 | 255,3 | 4920 | 0,8 | 3786 | 2,7 | 19 | 15 | 4 |
| 1997 | 253,0 | 4237 | 0,9 | 3106 | 2,7 | 17 | 12 | 5 |
| 1998 | 251,4 | 5795 | 0,9 | 3898 | 2,7 | 23 | 15 | 7,5 |
| 1999 | 251,2 | 5363 | 0,8 | 4129 | 2,2 | 19 | 14 | 5 |
| 2000 | 275,3 | 3289 | 0,9 | 1659 | 3,3 | 12 | 6 | 6 |
| 2001 | 275,9 | 2184 | 0,8 | 895 | 2,8 | 8 | 3 | 5 |
| 2002 | 276,2 | 4060 | 0,9 | 2870 | 2,1 | 15 | 11 | 4 |
| 2003 | 276,4 | 4701 | 0,9 | 3136 | 2,4 | 17 | 11 | 6 |
| 2004 | 276,5 | 4760 | 0,8 | 3081 | 2,0 | 17 | 13 | 4 |

Причиной такого положения являются посевы влаголюбивой культуры риса, занимающего в отдельные годы до 40 тыс. га орошаемой площади. Потребная оросительная норма риса достигает 30 тыс. м³/га и более. Сбрасываемая с рисовых полей вода, с помощью откачки насосами из коллекторов, пода-

ется обратно на поля. Таким образом, ясной картины реальной водоподачи и водоотведения представить невозможно. По данным отчетности Гидрогеолого-мелиоративной экспедиции это достаточно высокие цифры: водоподача 17 - 21 тыс. м³/га, а водоотведение 10-15 тыс. м³/га.

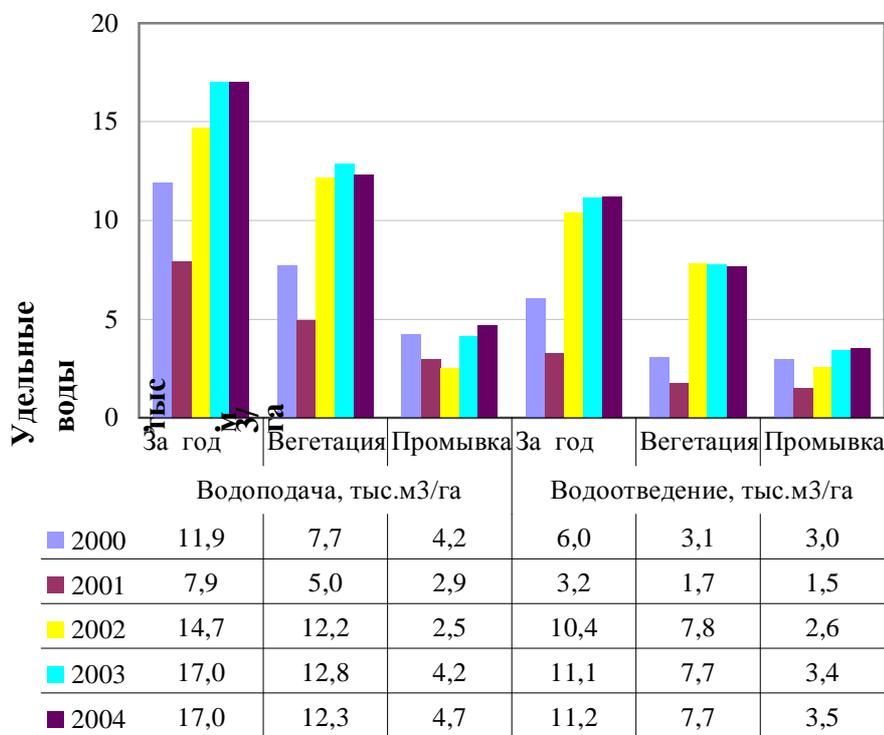


Рисунок 1 - Удельные затраты воды на орошение и промывку.
Формирование водоотведения

Данные рисунка 1 показывают очень высокое водоотведение в вегетацию, что можно объяснить: близким исходным расположением грунтовых вод; потерями воды при бороздковом поливе хлопчатника; технологией полива риса (со сбросами воды с полей), а также организационными причинами, то есть, наблюдается низкая эффективность использования воды.

В результате выращивания риса, подпора коллекторов, массовых промывок земель весной (при недостаточной дренированности, плохом естественном оттоке грунтовых вод с территории при неудовлетворительном состоянии коллекторов), грунтовые воды в Хорезме почти круглый год находятся близко к поверхности (рис. 2). Отток их (даже на соседние территории) невозможен, в связи высоким коэффициентом земельного использования. Положение уровня грунтовых вод в Хорезмской области – самое высокое по Республике Узбекистан.

Близкие грунтовые воды очень «выгодны» для выращивания риса, но совершенно неприемлемы для выращивания хлопчатника (рис.3).

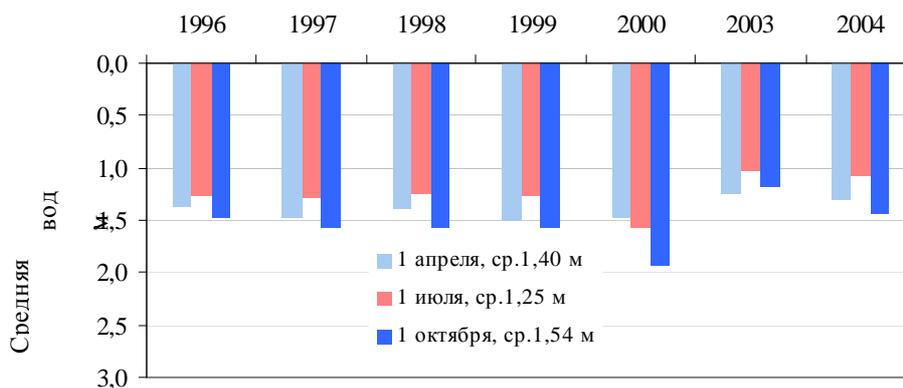


Рисунок 2 - Изменение положения грунтовых вод в Хорезмской области

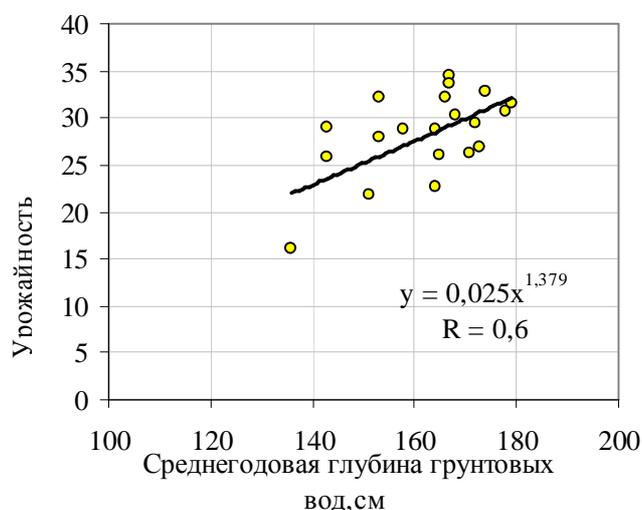


Рисунок 3 - Влияние среднегодовой глубины грунтовых вод на урожайность хлопка в Хорезме

Близкое расположение грунтовых вод существенно влияет на режим поливов хлопчатника. Хотя по почвенным особенностям Хорезма требуется большее количество поливов, в практике это не соблюдается, а земледельцы уже много лет применяют субиригацию, используя грунтовые воды для покрытия потребности в воде растений хлопчатника (на 40 - 60 %). Несмотря на то, что грунтовые воды в Хорезме преимущественно имеют минерализацию 3 - 4 г/л, такая практика вызывает процессы, как сезонного, так и многолетнего соленакопления в почвах (рис. 4 и 7), поскольку подземные воды имеют более высокую минерализацию. Усиленное расходование грунтовых вод на испарение приводит к сильному засолению почв, угнетению растений и потерям урожая сельскохозяйственных культур (рис. 5).

Проведенные полевые опыты по изучению водно-солевого режима в Хорезме показывают, что в условиях близкого стояния грунтовых вод, ниже слоя 0 - 60 см, почва насыщена свыше ППВ в течение всей вегетации (рис. 6 и 7). При этом (помимо солевого стресса) растения хлопчатника постоянно находят-

ся в условиях дефицита почвенного воздуха, что не способствует нормальным биологическим процессам.

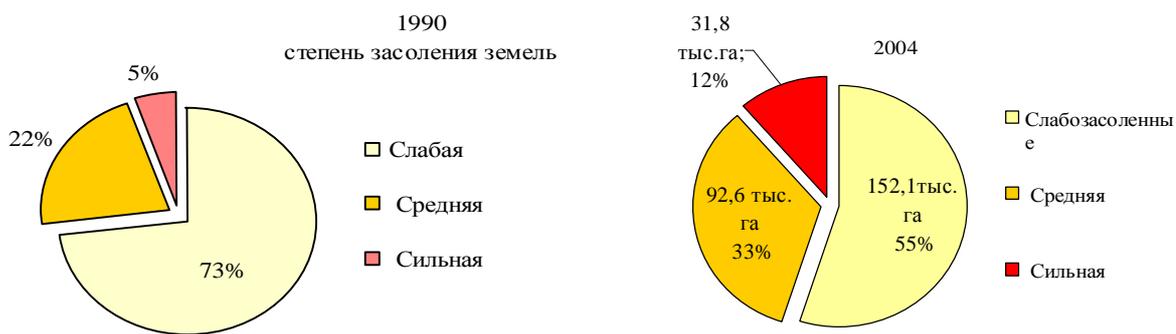


Рисунок 4 - Изменение распространения засоления в Хорезмской области осенью с 1990 по 2004 год (по данным Министерства Сельского и Водного хозяйства)



Рисунок 5 - Динамика распространения засоленных земель и урожайности хлопка в Хорезмской области

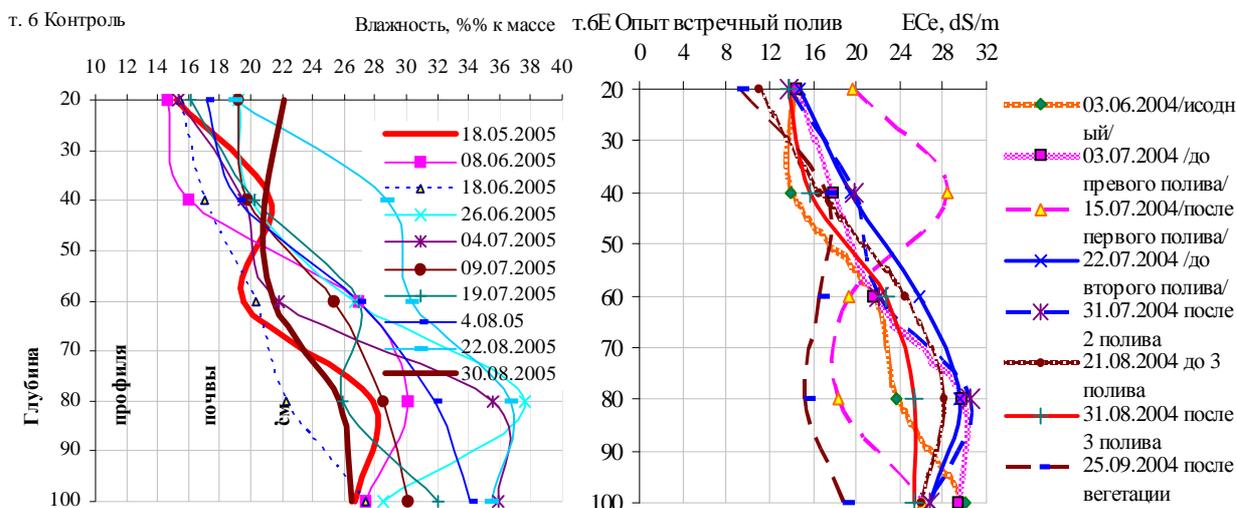


Рисунок 6 - Профили влажности и засоленности почвы в условиях Хорезма (опыты аспиранта Г. Полуашовой)

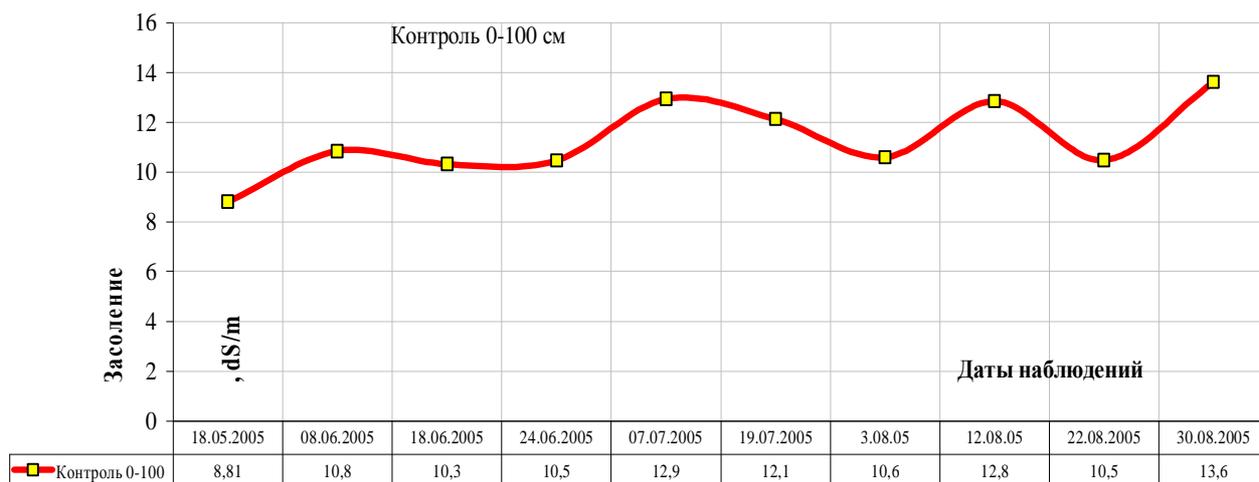


Рисунок 7 - Динамика засоления почвы на опытном участке в Хорезмской области в 2005 году.

Несмотря на проводимые промывки, в условиях неудовлетворительной работы дренажных систем, борьба с засолением (которое быстро реставрируется при высоком испарении) продолжается весь вегетационный период.

Такая ситуация вызвана еще и тем, что дренажные системы в низовьях не работают на 30 - 50 % от общей протяженности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для нормализации ведения орошаемого земледелия в низовьях р. Амударьи требуются специфические решения в управлении водно-солевым режимом, отличные от тех, которые применялись при освоении орошаемых массивов (Голодная, Каршинская и Джизакская степи).

Эти решения могут заключаться в следующем:

- оптимизация структуры посевных площадей, севооборотов и отделение рисовых массивов от хлопковых;
- выявление технических и организационных недостатков гидромелиоративных систем в водораспределении и водоотведении по отдельным ирригационным системам Хорезмской области. Проведение в перспективе работ по снижению потерь воды в проводящей сети (повышение КПД каналов, путем реконструкции и модернизации, в том числе и применения облицовок), а также мер по улучшению водоотведения для обеспечения реального снижения уровней грунтовых вод;
- определение технологии поверхностного полива и приемов водосбережения, подходящих для специфических условий Хорезма, а также перспективы применения фермерами прогрессивных технологий (дождевание, капельное орошение и др.).

Для разработки стратегии использования водных и земельных ресурсов в низовьях р. Амударьи, и в том числе – в Хорезмской области, имеет смысл создать специальную группу из ведущих ученых и специалистов.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОБОСНОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ ДРЕНАЖА НА ЗЕМЛЯХ ДРЕВНЕГО ЗАСОЛЕНИЯ

В.Г. Насонов, А.А. Абиров

НПО САНИИРИ, Ташкент, Республика Узбекистан

Огромные равнинные пространства Центральной Азии характеризуются практически отсутствием естественной дренированности, поэтому орошение этих земель требует осуществления мероприятий по борьбе с засолением почв (дренаж, промывки, соответствующая агротехника). Однако на этих землях после многих лет борьбы с засолением, независимо от государства, культурного уровня населения, технического уровня гидромелиоративных систем (ГМС), наблюдаются практически одинаковый процесс роста засоления почв (рис.1-5, табл.1-3).

Интенсификация процессов засоления почв, проявившаяся в конце «советской эпохи» в бассейне Аральского моря (БАМ), отмечалась рядом серьезных исследователей. Однако данные об общей площади засоленных орошаемых земель БАМ или площади засоления отдельных оазисов не могут дать достаточно четкой картины динамики этих процессов, необходимой для выявления их причин. Для этого целесообразно рассмотреть динамику засоления почв на исходно засоленных землях старого и нового орошения, оснащенных усовершенствованными видами дренажа и расположенных в разных государствах региона. Анализ показывает, что на массивах, расположенных в предгорных прогибах и на равнинах Туранской плиты и имеющих разные усовершенствованные виды дренажа, наблюдаются сходные негативные тенденции (рис.4,5, табл.1-3).



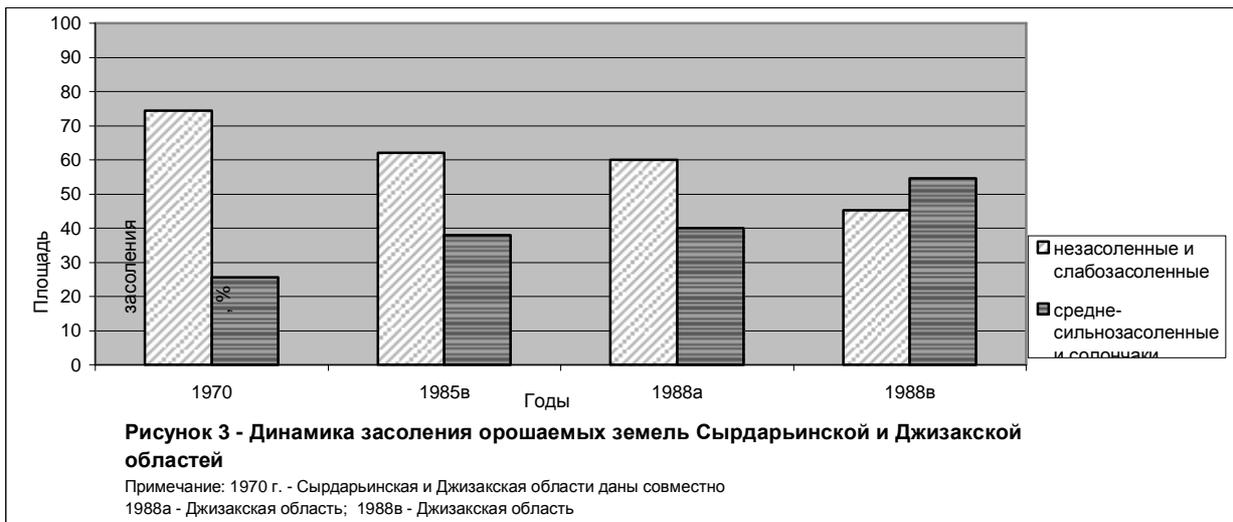


Таблица 1 - Динамика засоления новоорошаемых земель Голодной степи Центральный массив)

| Год | Площадь орошения по степени засоления, % от общей площади | | |
|-------------------|-----------------------------------------------------------|------------------|--------------------------------|
| | Незасоленные и слабозасоленные | Среднезасоленные | Сильнозасоленные и более |
| 1975 ¹ | 71,2 | 11,9 | 16,9 |
| 1985 ¹ | 44,2 | 33,0 | 22,8 |
| 1988 ⁵ | 49,1 | 41,3 | 9,60 |
| 1990 ¹ | 72,6 | 17,5 | 9,90 |

¹ - данные института «Узгипрозем»

⁵ - данные института «Узгипроводхоз»

Таблица 2 - Динамика засоления земель Пахтааральского массива (Южный Казахстан)

| Степень засоления | 1952-1956 | 1965-1967 | 1977 | 1981 | 1982 | 1983 | 1986 |
|--------------------------------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | гг. % | гг. % | г. % | г. % | г. % | г. % | г. % |
| Незасоленная и слабая | 71,8 | 43,4 | 95,8 | 89,0 | 56,0 | 55,0 | 58,3 |
| Средняя | 13,0 | 24,0 | - | 10,3 | 16,0 | 16,0 | 25,7 |
| Сильная | 11,8 | 10,0 | 4,2 | 0,7 | 24,0 | 21,0 | 15,0 |
| Солончаки | 2,80 | 21,0 | - | - | 4,0 | 8,0 | 1,0 |
| Неудобья, озера и болота | 0,60 | 0,3 | - | - | - | - | - |

Таблица 3 - Динамика засоления новоорошаемых земель Голодной степи (Юго-восточный массив 1-ой очереди орошения)

| Год | Площадь орошения по степени засоления, % от общей площади | | |
|-------------------|-----------------------------------------------------------|------------------|--------------------------------|
| | Незасоленные и слабозасоленные | Среднезасоленные | Сильнозасоленные и более |
| 1975 ⁶ | 55,7 | 22,6 | 21,7 |
| 1985 ¹ | 39,3 | 35,2 | 25,7 |
| 1988 ⁶ | 15,0 | 54,6 | 30,4 |

¹ - данные института «Узгипрозем»

⁶ - данные института «Средазгипроводхлопок»

Эти данные свидетельствуют о том, что резкое снижение темпа засоления почв, наблюдаемое с начала 70-х годов, сменилось, вне зависимости от давности орошения и технического уровня ГМС, процессами интенсивного

засоления. При этом увеличение засоления началось с начала 80-х годов практически во всех государствах.

Существуют различные варианты объяснения причин сложившейся ситуации, среди которых наиболее распространенным является следующий: резкий рост засоления является следствием прежде всего недостаточного финансирования работ по эксплуатации современной интенсивной коллекторно-дренажной сети (КДС) с начала 1990-х годов. Однако, хотя снижение финансирования действительно имеет место, приведенные данные показывают, что интенсивное засоление проявилось еще в советское время, когда эти работы и мероприятия по мелиоративному улучшению земель, финансировались наиболее полно. Недостаточное же финансирование работ по эксплуатации КДС в постсоветскую эпоху лишь ускорило уже интенсивно идущие процессы засоления.

Иногда рост сильного и среднего засоления орошаемых почв объясняют недостаточной протяженностью дренажа и повышением коэффициента использования земли. Как правило, это имеет место на орошаемых землях Туркменистана и Каракалпакстана. Не рассматривая детально обоснованность таких утверждений, укажем лишь, что на землях с очень интенсивным дренажем идут такие же процессы засоления (рис.4, 5, табл.1-3), лишь с меньшей интенсивностью.

Таким образом, многолетние комплексные мероприятия по борьбе с засолением орошаемых земель, такие как строительство и эксплуатация КДС в сочетании с промывными поливами и агротехникой, не обеспечили на большей части равнин Турана благоприятный водносолевой режим почв.

Часто процессы засоления почв пытаются объяснить низкой работоспособностью построенной КДС, хотя в большинстве орошаемых оазисов в водоприемники выносятся огромное количество солей. В зависимости от природных условий и дренированности с орошаемых земель может отводиться от 15 до 40 т/га солей, а за десятки лет вынос солей может превысить 1000 т/га. Расчеты, выполненные в начале 1960-х годов показали, что для того, чтобы рассолить земли Чарджоуского оазиса на глубину 10 м., необходимо вынести с них 614 т/га солей. В настоящее время их вынесено значительно больше (без учета солей, вносимых с оросительной водой), однако площадь сильно- и средnezасоленных земель даже утроилась. Сходная ситуация наблюдается в Хорезмском оазисе, с которого за последние 50 лет отведено солей более 1500 т/га, причем 900 т/га - без солей, вносимых с оросительной водой. Этого было бы достаточно для коренного рассоления сильнозасоленных почвогрунтов мощностью 10м, однако площадь сильно- и средnezасоленных земель в оазисе удвоилась. Такие явления возможны лишь в том случае, когда в объеме солей, отводимых дренажем, значительную часть составляют соли, выносимые из глубоких водоносных горизонтов, а в дренаж поступает небольшая их часть из зоны аэрации. Это подтверждается материалами исследований на опытно-производственных участках, где с помощью гидродинамических сеток и полойной минерализации грунтовых вод изучалась кинематическая структура движения подземных вод в междуренье. Из этих материалов следует, что соли

к дренам поступают главным образом из глубоких слоев почвогрунтов по всей их толще, охарактеризованной пьезометрами, и, вероятно, до регионального водоупора, и только 10-15 % солей выносятся из зоны аэрации (Меришенский М.С., Батурин Г.Е.)

Отсюда следует очень важный вывод о том, что на исходно засоленных землях общий вынос солей с дренажным стоком не может являться показателем эффективности мелиоративных систем. Необходимо дифференцировать вынос солей из верхнего слоя (зона аэрации и приповерхностный слой грунтовых вод) и глубоких водоносных слоев. О том, что общий вынос солей с дренажным стоком не может быть оценкой эффективности дренажа, отмечалось давно, и даже предложена зависимость для количественной оценки выноса солей дренажем из зоны аэрации и вовлечения солей из геологического круговорота по общему стоку.

Несмотря на эти, казалось бы, очевидные положения эффективность дренажа до настоящего времени оценивается по общему объему солевого стока, и не существует общепринятой оценки выноса солей дренажем из зоны аэрации и верхнего слоя грунтовых вод.

Таким образом, КДС не способна совместно с орошением и промывками предотвратить или хотя бы снизить интенсивность процессов засоления почв и выносит огромные массы солей в водоемы и водотоки (табл.4). В некоторых случаях отмечается даже рост засоления (табл.5).

Таблица 4. Миграция солей на орошаемых землях бассейна р.Амударья в период 1970-1995гг.

| Водохозяйственный район | Масса солей за 1970-1995 г., млн.т | | Показатель миграционной способности* | | |
|-------------------------|------------------------------------|--------|--------------------------------------|---------|---------|
| | Поступление | Отвод | Среднее за 1970-1995 гг. | 1975 г. | 1995 г. |
| Таджикистан | 82,5 | 101,9 | 1,2 | 1,27 | 1,03 |
| Сурхандарьинский | 47,3 | 68,4 | 1,4 | 1,20 | 1,90 |
| Каракумский | 141,8 | 453,2 | 3,2 | 2,81 | 2,40 |
| Турмен.прибрежный | 63,9 | 147,9 | 2,3 | 2,02 | 2,08 |
| Каршинский | 54,9 | 151,6 | 2,8 | 2,67 | 3,60 |
| Бухарский | 96,5 | 182,1 | 1,9 | 1,60 | 1,82 |
| Хорезмский | 112,9 | 251,8 | 2,2 | 2,40 | 2,10 |
| Дашогузский | 143,3 | 112,8 | 0,8 | 0,95 | 0,65 |
| Каракалпакстан | 204,7 | 261,5 | 1,3 | 0,79 | 1,28 |
| ИТОГО: | 947,8 | 1714,8 | 1,8 | - | - |

Примечание: * - отношение выносимых с КДС солей к солям, вносимым с оросительной водой.

В настоящее время только по бассейну Амударьи ежегодно выносятся свыше 100 млн.т солей, которые утилизируются в пустынных понижениях или сбрасываются в реки. Аналогичная ситуация наблюдается и в бассейне Сырдарьи. Соли, выносимые с орошаемых массивов выше по течению, практически полностью поступают с оросительной водой к нижерасположенным землепользователям.

Таблица 5 - Динамика выноса солей с некоторых орошаемых оазисов среднего и нижнего течения рек Сырдарья и Амударья, тыс.т

| Наименование области | Г о д | | | |
|----------------------------|---------|---------|----------|---------|
| | 1985 | 1995 | 1997 | 1999 |
| Кашкадарьинская | 3725,26 | 10811,4 | 8019,01 | 16614,0 |
| Хорезмская | 8110,00 | 8097,62 | 10297,23 | 12173,0 |
| Дашогузская (Туркменистан) | 4600,00 | 6471,73 | 5931,29 | 7836,8 |
| Джизакская | 4093,03 | 4318,50 | 4821,90 | 5126,0 |
| Сырдарьинская | 6417,41 | 3886,50 | 6293,50 | 6984,0 |
| Каракалпакстан | 8633,03 | 6166,72 | 7794,65 | 9240,0 |

В результате речная вода стала мощнейшим по сравнению с другими источником поступления солей на орошаемые земли, что требует соответствующей корректировки промывного режима орошения. Это, в свою очередь, приведет, при сложившейся практике регулирования водно-солевого режима почв, к увеличению выноса солей за пределы орошаемого массива и новому росту минерализации речной воды. Таким образом, созданся «порочный» круг миграции солей в бассейнах рек, способствующий росту засоления почв.

Поскольку одной из важнейших причин ухудшения качества воды в реках является активизация выноса солей с орошаемых массивов дренажной сетью, то наряду с общими мероприятиями по регулированию качества воды в реках приоритетным является уменьшение выноса солей с дренажным стоком прежде всего за счет прекращения их выноса из глубоких водоносных горизонтов.

Однако при проектировании выбор и обоснование параметров дренажа проводился и проводится вообще без учета возможного выноса солей из зоны аэрации и приповерхностного слоя грунтовых вод, а также вовлечения солей из геологических запасов в активную геохимическую миграцию. В конкретных проектах вынос солей из зоны аэрации и глубоких водоносных горизонтов при работе дренажа ранее также не рассматривался, не говоря уже о разработке технических решений, предотвращающих или уменьшающих солевывнос. В нормативных документах такие требования вообще отсутствуют.

Сложившаяся ситуация в отношении методов обоснования дренажа на засоленных землях противоречит современным представлениям о том, что почвы и грунтовые воды являются единой геодинамической системой, в раз-

ных частях которой накопление солей определяется их круговоротом в зоне активного водообмена до ближайшего регионального водоупора.

В гидрогеологическом отношении зона активного водообмена на равнинных пространствах Турана расположена в мощной толще неоген-четвертичных отложений. При большой литологической пестроте отложений и отсутствия выдержанных водоупорных пород тесная единая гидравлическая связь существует по всему разрезу. Региональным действительным водоупором для всей территории являются морские мергелистые глины и мергели эоцена или алевроито-глинистые отложения олигоцена, за исключением некоторых эродированных участков, где аллювиальные отложения залегают непосредственно на мезозойских отложениях.

Равнины Туранской плиты начиная с конца палеогена развивались в климатических условиях, близких к аридным, и свойственных им процессов континентального засоления или лагунных и прибрежных фаций высыхающих древних морей. Поэтому отложения того времени унаследовали от прошлого большое количество водорастворимых солей и гипсов. Это касается и предгорных прогибов, сопрягающих горное обрамление с Туранской плитой. Так, для Голодной степи мощными очагами древнего соленакопления явились Мирзачульская впадина и Тузканинское понижение, где мощность только четвертичных отложений составляет более 300м с запасами солей более 3×10^4 т/га. Как правило, это рассеянные в рыхлых отложениях реликтовые соли, являющиеся донорами солей зоны гипергенеза и почвы. При орошении и дренаже этот донорский процесс резко усиливается. Основным механизмом переноса солей является движение водных растворов к дренам.

Существуют и другие источники поступления солей: соленые воды седиментационных бассейнов, галогенные формации мезозоя и палеогена, разгружающиеся в вышележащие горизонты через впадины, занятые солончаками. При разведке нефтегазоносных структур (Газлинское, Питнякское и т.д.) выявлены скрытые очаги разгрузки в аллювии Сырдарьи и Амударьи. Еще один источник – это скрытая рассеянная разгрузка артезианских бассейнов в неоген четвертичные отложения, если судить по возрастающим артезианским напорам с глубиной.

Существенное влияние на миграцию солей оказывают геохимические барьеры: испарительные, термодинамические, геогидрохимические и даже гидравлические, выводящие соли из активной гидродинамической зоны или меняющие ионный состав растворов. Существование таких барьеров или использование их механизмов в проектах КДС не рассматривается, что приводит обычно к их разрушению, хотя знание и использование геохимических барьеров могло бы существенно уменьшить вынос солей дренажем в водоприемники.

При обосновании дренажа на землях древнего засоления необходимо учитывать еще одно очень важное обстоятельство Согласно многочисленным прогнозам развития водных ресурсов в БАМ, в перспективе объемы выделения водных ресурсов на орошение будут снижаться. В наибольшей степени это коснется среднего и нижнего течения рек, поэтому необходимо обеспе-

чить снижение удельных затрат оросительной воды прежде всего за счет ее затрат на регулирование водно-солевого режима, если принять, что биологические потребности растений в воде должны непременно удовлетворяться.

Таким образом, возникла новая ситуация: исторически сложившая практика регулирования водно-солевого режима и обоснования дренажа вошла в противоречие с существующими возможностями окружающей среды и требует корректировки, хотя еще недавно (60-70 гг. XX столетия) она давала прекрасные результаты. В современных условиях и на перспективу дренажная система на землях, подстилающихся отложениями с древним засолением, должна отвечать следующим требованиям:

- дренаж должен отводить соли главным образом из зоны аэрации и небольшого приповерхностного слоя грунтовых вод, не вовлекая в миграционные процессы соли, находящиеся в геологическом круговороте;

- дренаж в сочетании с другими приемами регулирования водно-солевого режима должен обеспечить снижение удельных затрат воды.

Эти требования в определенной степени противоречивы, и, казалось бы, мало осуществимы, если исходить из сложившейся практики обоснования параметров дренажа: понижение уровня грунтовых вод в зависимости от их минерализации при создании промывного режима. Однако, если учесть, что проблема засоления корнеобитаемого слоя будет решена благодаря опреснению приповерхностного слоя грунтовых вод за счет дренажа и промывного режима орошения, то эти противоречия легко устраняются. Анализ кинематики фильтрационного потока, формирующегося при работе дренажа и орошении, показывает, что глубина активной гидродинамической зоны определяется величиной инфильтрационного питания и глубиной заложения дренажа. В самом худшем случае, она равна примерно междренному расстоянию. Это позволяет считать, что, варьируя расстояния между дренами и глубиной заложения дренажа, можно существенно уменьшить глубину зоны влияния дренажа, ограничиваясь только требуемой зоной опреснения.

Однако для регулирования глубины влияния дренажа существующие методы расчета дренажа и связанные с ним прогнозы минерализации, основанные на предпосылке Дюпюи-Форхгеймера, не пригодны. Для этого необходимо определение в любой точке междренья и в любой момент времени концентрации легко растворимых солей при заданных параметрах дренажа. Поскольку движение солей осуществляется под влиянием конвективного переноса и гидродинамической дисперсии, зависящих от скорости фильтрации воды, то математически расчетная модель расчета дренажа будет включать по крайней мере два уравнения в частных производных.

Объединяя уравнение неразрывности с обобщенным законом Дарси для насыщенно-ненасыщенных сред в модификации Ричардса (1931 г.) можно записать в следующей форме: общее уравнение фильтрации в насыщенно-ненасыщенной зоне (область G(O, A, B, C, D, F, E) - на рис.6):

$$\frac{\partial q}{\partial t} = C(H) \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[K(H) \frac{\partial H}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[K(H) \frac{\partial H}{\partial y} \right] + f(x, y, t) \quad (1)$$

где θ – объемная влажность;

$C(H) = \frac{\partial q}{\partial t}$ - коэффициент удельной влагоемкости;

$f(x, y, t)$ - интенсивность отбора влаги корневой системой растений;

$K(H)$ – коэффициент фильтрации породы как функция матричного потенциала ψ (в ненасыщенной зоне $\psi < 0$, в зоне полного насыщения $\psi \geq 0$).

При $\psi = 0$ $K(\psi) = K_0$;

K_0 – коэффициент фильтрации насыщенного грунта;

$H(x, y, t)$ – гидродинамический напор, определяемый по $H(x, y, t) = \psi + Y$.

Ниже уровня грунтовых вод:

$$\psi > 0; \frac{\partial q}{\partial t} = 0; C(H) = \mu^*; \theta = \theta_m;$$

где μ^* - коэффициент упругой водоотдачи.



Объединяя уравнение сохранения массы жидкости и растворенных в ней веществ с законом Фика с учетом дополнительного механизма переноса солей фильтрующимся потоком, получим объединенное уравнение движения и сохранения массы вещества для плоского в разрезе двумерного потока насыщенно-ненасыщенной зоны G(O, A, B, C, D, F, E - на рис.б):

$$q^* \frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial N}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_{xx} \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_{yy} \frac{\partial c}{\partial y} \right) - \frac{\partial V_x c}{\partial x} - \frac{\partial V_y c}{\partial y} + \lambda_w C \quad (2)$$

где $\frac{\partial N}{\partial t} = g$; $f(c.N.G.L)$ - уравнение кинетики массообмена между раство-

ренными в воде веществами и твердой фазой грунтов;

N – весовое содержание вещества в твердой фазе;

γ, L, Γ - постоянные величины.

Для процессов растворения уравнение кинематики имеет вид:

$$\frac{\partial N}{\partial t} = -g(C_m - C)h(C_t) \quad (3)$$

где C_m - предельная растворимость солей;

$\eta(C_t)$ - функция Хевисайда;

γ - константа растворения;

$V_{x,y}$ - скорость фильтрации в направлении x, y ;

D_{xy} - коэффициент гидродинамической дисперсии.

Для ненасыщенной зоны при орошении существенное влияние могут оказать сорбционные процессы, описываемые уравнением изотермы сорбции. Для сорбционных процессов изотермы сорбции для почвогрунтов представляются обычно линейной изотермой Генри или нелинейной изотермой Ленгмюра. Для почвенных процессов иногда используют эмпирические усложнения теоретических изотерм.

Коэффициент гидродинамической дисперсии имеет очень важное значение при обосновании модели конвективно-диффузионного переноса солей. Хотя, по параметрам гидродисперсии существуют обширные экспериментальные работы, однако в работах, посвященных процессам солепереноса при мелиорации засоленных земель, используются разные формы коэффициента гидродисперсии. Для уточнения коэффициента диффузии воспользуемся представлениями о коэффициенте фильтрационно-конвективной диффузии о как аксиально-ассиметричном тензоре, согласно которым:

$$D_{ij} = (I_1 - I_2) (V_i \cdot V_j) / |V| + I_2 |V_i| d \quad (4)$$

где $\gamma_1; \gamma_2$ - соответственно продольный и поперечный параметры рассеивания пористой среды;

d - символ Кронекера;

V_{ij} - локальная скорость фильтрации.

Если учесть особенности движения солей в междренье, то в областях, удаленных от дрен, их движение будет крайне медленным. Диффузия будет осуществляться только молекулярным путем. Конвективно-фильтрационный эффект будет пренебрежимо мал. Поэтому в выражение (4) следует добавить коэффициент молекулярной диффузии в грунтах:

$$D_m = x n D_m^o \quad (5)$$

где D_m^o - коэффициент молекулярно-конвективной диффузии в воде;

n - пористость почвогрунтов;

x - параметр, характеризующий извилистость путей фильтрации в грунте.

Учитывая изложенное, аппроксимации коэффициентов конвективной диффузии для насыщенной среды примем в следующем виде:

$$D_x = D_m + I_2 |V| + (I_1 - I_2) \frac{V_x \cdot V_y}{|V|} \quad (6)$$

$$D_y = D_m + I_2 |V| + (I_1 - I_2) \frac{V_x \cdot V_y}{|V|} \quad (7)$$

$$|V| = \left| \sqrt{V_y^2 + V_x^2} \right|$$

Система уравнений (1)-(2) решается при различных граничных условиях на дренах, поверхности земли и подстилающего слоя. В междренье рассматриваемая насыщенно-ненасыщенная зона (рис.6) в силу симметрии потока может быть уменьшена до области G(O, A, B, C, D, F, E). Сформулируем краевые условия для этой зоны.

Для уравнения (1) начальное условие:

$$H(x, y, 0) = H_0(x, y), \quad (x, y) \in G^x; \quad (8)$$

граничные условия:

$$\left. \frac{\partial H}{\partial x} \right|_{AO} = 0; \quad \left. \frac{\partial H}{\partial x} \right|_{CD} = 0; \quad \left. \frac{\partial H}{\partial x} \right|_{Fe} = 0; \quad (9)$$

$$-x_1 K(H) \left. \frac{\partial H}{\partial x} \right|_{BC} = \left[X_1(y, t)^{\alpha_1} (H^{-H_0} - I_1(y, t)) \right]_{BC}; \quad (10)$$

$$-x_1 K(H) \left. \frac{\partial H}{\partial y} \right|_{AB} = \left[X_1(x, t)^{\alpha_1} (H^{-H_0} - I_3(x, t)) \right]_{AB}; \quad (11)$$

$$x_2 K(H) \left. \frac{\partial H}{\partial y} \right|_{DF} = \left[X_2(x, t) (H^{-H_2} - I_2(x, t)) \right]_{DF}; \quad (12)$$

$$x_3 K(H) \left. \frac{\partial H}{\partial y} \right|_{oe} = \left[X_3(x, t)^{\alpha_3} (H^{-H_3} - I_3(x, t)) \right]_{oe}; \quad (13)$$

где α - сопротивление дрены;

H_0 – уровень в дрене.

Когда на соответствующих участках границы области фильтрации задаются условия второго или третьего рода, то:

$$x_1 = x_2 = x_3 = 1;$$

При задании условий первого ряда на этих же границах:

$$x_1 = x_2 = x_3 = 0;$$

При $\xi_2 = 1$; $X_2 = 0$, тогда при $\lambda_2 > 0$ задается инфильтрация, а при $\lambda_2 < 0$ - испарение.

В случае $\xi_3=1$ и $X_3=0$ задается условие оттока в подстилающий пласт.

Решение общего уравнения фильтрации в насыщенно-ненасыщенной зоне (1) при условиях (8)–(13) позволяет найти в любой точке междренья составляющие скорости фильтрации:

$$V_x = -K \frac{\partial H}{\partial x}; \quad V_y = -K \frac{\partial H}{\partial y}; \quad (14)$$

Расходы воды через границы области фильтрации найдем по уравнению:

$$q(t) = \int V_n(t) a \lambda \quad (15)$$

где $V_n(1)$ – вектор скорости, направленный по внешней нормали к рассматриваемому участку границы.

Сформулируем краевые условия для рассматриваемой насыщенно-ненасыщенной области, при которых решается уравнение солепереноса (2).

Начальные условия:

$$C(x, y, 0) = \bar{C}_o(x, y) \quad (x, y) \in G \quad (16)$$

$$B(x, y, 0) = \bar{B}_o(x, y) \quad (17)$$

где $C_o(x, y)$ - начальное содержание растворенных солей в воде в междренье;

$B_o(x, y)$ – начальное содержание растворимых солей в твердой фазе в зоне аэрации и ниже УГВ.

Граничные условия:

$$\frac{\partial C}{\partial x} \Big|_{AO} = 0; \quad \frac{\partial C}{\partial x} \Big|_{CD} = 0; \quad \frac{\partial C}{\partial x} \Big|_{Fe} = 0 \quad (18)$$

$$x_1 D_x \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} \Big|_{BC} = \left[X_1(y, t) V_y (\bar{C} - C^+) \right] \Big|_{BC}; \quad (19)$$

$$x_1 D_y \frac{\partial \bar{C}}{\partial y} \Big|_{AB} = \left[X_1(y, t) V_y (\bar{C} - C^+) \right] \Big|_{AB}; \quad (20)$$

$$x_2 D_y \frac{\partial \bar{C}}{\partial y} \Big|_{DF} = \left[X_2(x, t) V_y (\bar{C} - C^+) \right] \Big|_{DF}; \quad (21)$$

$$x_3 D_y \frac{\partial C}{\partial y} \Big|_{oe} = \left[X_3(x, t) V_y (C - C_2) \right] \Big|_{oe}; \quad (22)$$

где ξ_1, ξ_2, ξ_3 и X_1, X_2, X_3 принимают значения, аналогичные изложенным выше.

При $\xi_1 = \xi_2 = 1$ на дрене и на поверхности земли выполняется условие Бреннера; при $\xi_1 = 0$ на дрене выполняется упрощенное условие.

Для решения системы уравнений солевлагопереноса используется конечно-разностная аппроксимация системы уравнений (1)–(2), а все полученные конечно-разностные аналоги этой системы решаются с помощью итерационного неявного метода переменных направлений.

Выбор параметров дренажа осуществляется по результатам распределения солей для различных вариантов междренных расстояний, глубин заложения и величин инфильтрации и соответствия этих результатов изложенным выше требованиям к дренажной системе. Таким образом, определение параметров дренажа на землях с сильно засоленными подстилающими отложениями существенно отличается от расчета дренажа на исходно незасоленных землях.

ТЕХНОЛОГИЯ ГЛУБОКОГО РЫХЛЕНИЯ С ВНЕСЕНИЕМ ХИММЕЛИОРАНТОВ НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ

В.С. Печенина, Е.В. Носова

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

В нечерноземной зоне Российской Федерации площадь переувлажненных земель составляет более 13 млн.га, из них слабопроницаемые минеральные почвы составляют более 60%.

Для повышения эффективности работы закрытого дренажа на тяжелых почвах применяются глубокое рыхление и кротование. Глубокое рыхление значительно улучшает водно-физические свойства осушаемых почв, усиливает работу дренажа и на 15-20% увеличивает урожайность сельскохозяйственных культур. Глубина рыхления – 60-80см, при наличии отдельных водонепроницаемых прослоев может быть – 50-60см. Эффективное действие глубокого рыхления – 3-4 года.

Глубокое рыхление применяется на поверхностно-переувлажненных минеральных почвах суглинистого и глинистого гранулометрического состава с коэффициентами фильтрации менее 0,1 м/сут, а также на суглинистых почвах с коэффициентами фильтрации подпахотных горизонтов 0,1-0,3 м/сут, осушаемых закрытым дренажем. Глубина рыхления должна быть на 20-30см меньше минимальной глубины заложения дрен. Глубокое рыхление следует выполнять при влажности почвы в зоне рыхления 60-80% наименьшей влагоемкости, а в подпахотном – 90-100%. Эксплуатационное глубокое рыхление выполняют в процессе основной обработки поля: на глинистых почвах – через 3-4 года, на тяжело- и среднесуглинистых – через 2-3 года.

Сплошное глубокое рыхление выполняют при уклонах поверхности в пределах 0,01-0,03 через 0,8м. Полосовое рыхление с расстояниями между полосами 1,2-5м применяется на участках с уклонами более 0,03. Направление рыхления должно быть перпендикулярно дренажным линиям.

Для выполнения глубокого рыхления применяются рыхлители пассивного и активного действия. Наиболее распространенными в настоящее время являются рыхлители пассивного действия РУ-65-2,5; РК-1,2; РНТ-0,8Б; РНГ-2-60; РГ-0,8 и рыхлители активного действия ВР-80.

Глубокое рыхление не рекомендуется на землях грунтового и грунтово-напорного водного питания при наличии мощных рудяковых или карбонатных горизонтов в зоне рыхления, а также крупных камней диаметром более 30...40см.

Глинистые почвы с содержанием более 45% частиц 0,002мм мелиоративному глубокому рыхлению не подлежат; рыхление не рекомендуется на площадях с уклонами менее 0,3 и более 10%.

В технологии обработки почвы глубокое рыхление должно быть одной из последних операций во избежание уплотнения прорыхленной почвы при работе сельскохозяйственной техники. Агромелиоративные приемы, включающие

глубокое рыхление, выполняются в следующей последовательности: вспашка; дискование в 1-2 следа; планировка поверхности; внесение извести (на кислых почвах) и минеральных удобрений; глубокое рыхление; дискование в 1-2 следа. Рыхление выполняется челночным, загонным способом или с перекрытием (рис. 1).

Рисунок 1 – Схемы рыхления грунта двухстоечным рыхлителем:
а) челночная, б) загонная, в) перекрытием

Челночная схема применяется при широкой поворотной полосе, загонная – при ограниченной поворотной полосе, схема с перекрытием – при невозможности разворота за границами участка. Ширину загона определяют согласно техническим характеристикам тракторов – тягачей и в соответствии с шириной захвата рыхлителей; составляет она обычно 24...36 м.

Поле разбивается на загоны, границы которых отмечаются створами кольщиков, трасса первого прохода намечается створом вех. Рыхлитель устанавливают на трассу первого прохода и заглубляют рыхлящие лапы, машинист выдерживает курс первого прохода по вешкам или по ориентиру, а в дальнейшем, в зависимости от выбранной схемы движения агрегата – по предварительной разметке участка.

Существенное улучшение водно-физических свойств осушаемых слабопроницаемых почв достигается при внесении одновременно с глубоким рыхлением химических мелиорантов.

Химмелиоранты (структурообразователи) на осушаемых слабопроницаемых почвах при их внесении в разрыхленные пахотные горизонты обеспечивают более эффективную работу осушительной сети и создание благоприятных условий для развития корневых систем сельскохозяйственных культур. Химмелиоранты должны повышать и сохранять продолжительное время водопроницаемость почв, не должны обладать токсическим воздействием на почву, растения, почвенные микроорганизмы и дренажные воды. Глубокое рыхление с одновременным внесением химмелиорантов рекомендуется выполнять только на осушаемых закрытым дренажем площадях.

К наиболее изученным и рекомендуемым к применению сыпучим химме-

лиорантам относятся известь, фосфорные, калийные и азотные соединения; к жидким химвеществам – жидкие комплексные удобрения.

Применение в качестве химвещества извести

Известь применяется в качестве химвещества на кислых почвах, имеющих реакцию рН от 3,5 до 6,5. Карбонатные и силикатные формы известковых материалов применяются на более легких почвах, оксидная форма – на тяжелых почвах. На слабопроницаемых почвах рекомендуется смесь, состоящая из трех долей CaCO_3 и одной доли CaO .

Известкование не только снижает кислотность почвы, но и улучшает азотное и фосфорное питание растений в результате как разложения органического вещества, так и перехода труднодоступных фосфатов железа и алюминия в более доступные фосфаты кальция. На известкованных почвах повышается доступность калия и ряда микроэлементов, устраняется вредное действие алюминия и марганца. Известкование повышает эффективность вносимых удобрений и способствует ускорению окультуривания кислых почв.

Нормы внесения извести рассчитывают на нейтрализацию полной гидролитической кислотности в расчетном слое почвы по формуле:

$$D_p = 5 \Gamma H A,$$

где D_p - расчетная норма CaCO_3 , т/га;

Γ - гидролитическая кислотность, мг-экв/100г почвы;

H - мощность известкуемого слоя, м;

A - плотность почвы, г/см³.

При отсутствии данных о гидролитической кислотности нормы внесения CaCO_3 определяются по величине рН почвы в соответствии с данными таблицы 1.

Таблица 1 - Нормы внесения извести (CaCO_3) при глубоком рыхлении, т/га

| Почва | Горизонты, см | Кислотность, рН | | |
|-------------------|---------------|-----------------|---------|-----------|
| | | Меньше 4,5 | 4,5 - 5 | 5,1 – 5,5 |
| Среднесуглинистая | 0 – 20 | 6,9 | 5,6 | 4,4 |
| | 0 – 40 | 13,8 | 11,2 | 8,8 |
| | 0 – 60 | 20,4 | 17,4 | 13 |
| Среднесуглинистая | 0 – 20 | 8,1 | 6,9 | 5,6 |
| | 0 – 40 | 16,2 | 13,8 | 11,2 |
| | 0 – 60 | 24,2 | 20,4 | 16,8 |
| Среднесуглинистая | 0 – 20 | 9,4 | 8,5 | 7,2 |
| | 0 – 40 | 18,8 | 17 | 14,4 |
| | 0 – 60 | 30 | 24,4 | 20,8 |

Для внесения пригодны все виды извести, при первом внесении рекомендуются нормы извести не менее 10 т/га. Диаметр фракций известковых материалов не должен превышать 0,5мм.

Дозы внесения извести и органических удобрений при глубоком рыхлении определяют, исходя из данных агрохимических обследований. Примерные

нормы внесения извести и удобрений приведены в таблице 2 в зависимости от степени окультуренности почв.

Таблица 2 - Нормы внесения извести

| Тип почвы, степень окультуренности | Мощность гумусированного слоя, см | Потенциальная кислотность, рН | Рекомендуемые дозы, т/га | |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------------|
| | | | Извести | Органических удобрений |
| Дерново-подзолистые, глеевые, суглинистые и глинистые неосвоенные | 8 – 12 | 3,8-4,5 сильная | 10 – 15 | 60 – 80 |
| Слабо окультуренные | 15 – 20 | 4,2-4,5 сильная | 8 – 12 | 50 – 60 |
| Старопахотные окультуренные | 22 – 25 | 4,5-5 сильная и средняя | 6 – 9 | 40 – 50 |
| Оподзоленные и оглеенные суглинистые, старопахотные окультуренные | 30 – 35 | 4,6-5,5 сильная и слабая | 3 – 6 | 30 – 40 |

Глубокое внесение извести одновременно с рыхлением выполняют агрегатом РНГ-80 конструкции ДальНИИГиМ или рыхлителем РГ-0,8 с устройством для внесения порошкообразных химмелиорантов.

При отсутствии специальных рыхлителей глубокое внесение извести может выполняться по следующей технологии: берется половина нормы извести, разбрасывается по поверхности, запахивается на глубину 20-25см; затем на вспаханное поле вносится вторая половина, после чего известь заделывается бороной или культиватором и проводится глубокое рыхление почвы или кротование.

Для глубокого внесения извести с двойным оборотом пласта на глубину до 50см применяется следующая технология: производится глубокая вспашка плантажным плугом на глубину до 0,5м; вносится на поверхность 0,5 дозы извести и заделывается дисковой бороной; производится обратная вспашка плантажным плугом на глубину до 0,5м с выносом гумусового слоя на поверхность; вносится вторая половина дозы извести и заделывается дисковой бороной. Такая технология рекомендуется только при возможности внесения больших доз органических удобрений.

При глубоком рыхлении предусматривается глубокое внесение не только извести, но и удобрений в целях стимуляции глубокого укоренения растений и стабилизации почвы в разрыхленном состоянии. Улучшение водно-воздушного режима слабоводопроницаемых почв путем глубокого внесения в подпахотные горизонты извести особенно эффективно в регионах с обилием атмосферных осадков, где широко распространены кислые почвы подзолисто-болотного типа.

Глубокое рыхление почвы с внесением извести способствует уменьшению плотности, увеличению пористости и водопроницаемости, нейтрализации

кислотности, в 2-3 раза увеличивает сумму поглощенных оснований, что обеспечивает повышение урожайности сельскохозяйственных культур, а также усиливает деятельность бактерий и микроорганизмов. Количество водопрочных агрегатов увеличивается на 3-10%.

В зависимости от физико-механических свойств известковых материалов, условно разделяющих на пылевидные и слабо-пылящие, существуют 2 технологические схемы внесения и две системы машин, применяемых для этой цели. Одна из этих схем рекомендуется для применения известковых пылевидных материалов (известковой муки, сланцевой золы, цементной пыли и металлургических шлаков), другая – для не пылящих известковых удобрений (слабо-пылящей известняковой муки, известняковой муки из отходов, известкового туфа, озерной извести, доломитовой природной муки).

Поверхностное внесение пылевидных известковых материалов выполняют машинами АРУП-8 и РУП-8 по прямоточной и перегрузочной технологическим схемам. При выборе технологической схемы внесения извести необходимо учитывать ряд факторов, в частности, расположение завода-поставщика от зоны внесения, расстояние от железнодорожных путей, состояние автодорог, наличие машин для транспортировки и внесения извести.

При организации работ по прямоточной технологии машины АРУП-8 и РУП-8 загружают известью на складе, транспортируют и вносят на поле. Прямоточная технология с использованием автомобиля-разбрасывателя АРУП-8 экономически целесообразна на расстояниях транспортировки известковых пылевидных материалов до 70км, а для тракторных разбрасывателей РУП-8 – до 6км. Если расстояния перевозки превышают указанные, то применяют перегрузочные технологии.

Применение в качестве химмелиорантов фосфорных удобрений

На почвах с недостаточным содержанием фосфора (менее 20 мг на 100г почвы) рекомендуется одновременно с глубоким рыхлением внесение суперфосфата в подпахотные горизонты нормой 90-120 кг/га действующего вещества. Глубина внесения суперфосфата назначается в соответствии с содержанием фосфора по почвенным горизонтам. Внесение фосфора способствует закреплению структуры почвенных агрегатов и улучшает водно-физические свойства и питательный режим почвы. Сроки действия суперфосфата, вносимого одновременно с рыхлением, составляет 4-5 лет.

Содержание действующего вещества в простом суперфосфате составляет 14-20,5%, в двойном – 42-49%, в фосфорной муке – 19-22%. При хранении эти вещества не слеживаются.

Расчет нормы внесения фосфорных удобрений в физическом весе выполняется по формуле:

$$H = 100D/C,$$

где H – количество удобрения в физическом весе для внесения с учетом содержания действующего вещества, кг/га;

D – принятая норма внесения действующего вещества, кг/га;

C – содержание действующего вещества, %.

В качестве химмелиоранта на тяжелых почвах можно применять смесь окиси кальция и фосфогипса в соотношении 2:1, вносимого одновременно с глубоким рыхлением. Ориентировочные нормы внесения химмелиоранта: 1,4-3% от массы сухой почвы (10-12 т/га окиси кальция и 5-6 т/га фосфогипса). Внесение одновременно с глубоким рыхлением этих химических веществ должно осуществляться с учетом следующих положений: удобрения применяются только на бедных по содержанию фосфора и калия почвах; вносятся они однократно; ограничивающим норму внесения минеральных удобрений фактором является отсутствие их выноса с дренажными водами.

Применяются следующие технологии (схемы) глубокого внесения фосфорных соединений:

1) Поверхностное разбрасывание, запашка, дискование, глубокое рыхление рыхлителем РУ-65.

2) Глубокое внесение специальными рыхлителями и агрегатами РМГ-80 (ДальНИИГиМ), РГ-0,8А (ВНИИГиМ) со спецустройством.

3) Внесение фосфорных соединений на глубину 30-40см глубокорыхлителями и удобрениями КПГ-2,2 и др.

По первой схеме для поверхностного основного внесения применяют кузовные разбрасыватели с центробежными рабочими органами. В зависимости от грузоподъемности бункера для агрегатирования разбрасывателей применяют тракторы тяги 9-50 кН. Для поверхностного внесения удобрений применяют разбрасыватели РУМ-5, РУМ-8, КСА-3, МХА-7 и др.

По второй схеме для глубокого внесения фосфорных соединений с одновременным рыхлением применяют специальные рыхлители. К рыхлителям, позволяющим одновременно с рыхлением вносить в почву химические мелиоранты, относятся рыхлители РГ-0,8А, РМГ-80 и агрегат конструкции ВНПО «Союзводполимер».

ВНПО «Союзводполимер» был разработан агрегат для внесения жидких химических мелиорантов на базе 2-стоечного рыхлителя с пассивными рабочими органами. Агрегат для внесения пылевидных химических мелиорантов состоит из трактора К-701, цистерны-полуприцепа и рыхлителя. Полуприцеп одноосный с пневматической загрузкой и выгрузкой химического мелиоранта. Пылевидные химические мелиоранты через питательное устройство сжатым воздухом распыляются в подпахотном слое почвы.

Рыхлитель РМГ-80 позволяет проводить глубокое рыхление с одновременным внесением в почву сыпучих химических мелиорантов. Рыхлитель агрегатируется с трактором Т-100МГП и состоит из 2 стоек, оснащенных съемными наконечниками с открылками. На тыльной стороне каждой стойки шарнирно закреплены трубопроводы с соплами, расположенными на 2-ух уровнях, обеспечивающих ярусное внесение химических мелиорантов. Подают химические мелиоранты пневматически с помощью вентилятора и воздуховода. Количество вносимых химических мелиорантов регулируют изменением размеров высевной щели в бункере. Распределение химических мелиорантов по глубине регулируется дроссельными заслонками.

По третьей схеме применяются средства механизации, объединяемые в 3

основные группы: специализированные, комбинированные и универсальные. По способу агрегатирования с энергетическими средствами эти машины могут быть навесными, полунавесными и прицепными.

Глубокорыхлители удобрители КПП-2,2 и ГУН-4,4 наряду с обработкой почвы одновременно внутрипочвенно вносят удобрения. Их характеристики приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Техническая характеристика машин для внутрипочвенного внесения минеральных удобрений

| №№ пп | Показатель | Марка машины | | |
|----------|-------------------------------------|--------------|---------|-------|
| | | КПП-2,2 | ГУН-4,4 | МКП-4 |
| 1 | Рабочая ширина захвата, м | 2,2 | 4,25 | 4 |
| 2 | Сменная производительность, га/ч | 1,6 | 4 | 3,6 |
| 3 | Глубина внесения удобрений, см | 10-30 | 16-30 | 10-25 |
| 4 | Агрегируется с трактором класса, кН | 30 | 50 | 30 |
| 5 | Вместимость бункера, м ³ | 0,45 | 1 | 0,8 |
| 6 | Рабочая скорость, км/ч | 10 | 10 | 7-9 |

Глубина и нормы внесения в качестве химвелиорантов азотных, калийных и комплексных удобрений зависят от запасов питательных веществ в почвенном профиле и содержания действующего вещества в удобрениях. Характеристика азотных, калийных и комплексных удобрений приведена в таблице 4.

Таблица 4. Характеристика минеральных удобрений

| Наименование удобрения | Содержание действующего вещества, % | Физическое состояние | Состояние при хранении |
|------------------------------|-------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|
| А з о т н ы е | | | |
| Аммиачная селитра | 34 | гранулы | слеживается |
| Карбамид (мочевина) | 46 | гранулы | не слеживается |
| Сульфат аммония | 20,5 | кристаллы, гранулы | не слеживается |
| Сульфат аммония | 16 | кристаллы | слеживается |
| К а л и й н ы е | | | |
| Хлористый калий | 58-62 | кристаллы, зерна | не слеживается |
| Калийная соль | 30-40 | кристаллы | слеживается при длительном хранении |
| К о м п л е к с н ы е | | | |
| Нитрофоска | 12:12:12 – 16:16:16 | гранулы | не слеживается |
| Нитроаммофоска | 15:15:15 – 18:18:18 | гранулы | не слеживается |

По результатам исследований норму глубокого внесения калия на осушаемых суглинистых почвах при рыхлении следует принимать 120-150 кг/га, азотных удобрений – не более 90-120 кг/га действующего вещества. Под куль-

турами с преобладанием бобовых видов растений норма внесения азотных удобрений уменьшается до 30-60 кг/га действующего вещества, в чистых посевах бобовых культур азотные удобрения не вносятся. Неприемлемы для оструктуривания жидкие формы азотных удобрений: аммиак, аммиачная вода, синтетический водный аммиак. Эти вещества могут оказывать угнетающее действие на почвенную фауну.

Технология внесения калийных и азотных удобрений аналогична технологии внесения фосфорных соединений.

Рекомендуемые способы улучшения основных свойств осушаемых слабопроницаемых почв с внесением химмелиорантов наиболее эффективны в комплексе с биологическим оструктуриванием почвы.

При применении в качестве химмелиорантов минеральных удобрений с глубоким рыхлением наибольшее оструктуривающее воздействие на почву производят следующие виды многолетних трав: клевер, люцерна, эспарцет, коострец безостый, рапс, сурепица, люпин. В первые годы освоения осушаемых тяжелых почв рекомендуется выращивать на них травосмеси из вышеперечисленных трав или смеси из однолетних культур.

Применение в качестве химмелиорантов жидких комплексных удобрений

Жидкие комплексные удобрения – хорошо растворимая нейтральная жидкость (рН=6,7) с плотностью 1,39-1,4 г/см³, в состав которой входят: N – 10%, P₂O₅ – 34%. Внесение ЖКУ в качестве мелиоранта производится в разрыхленный слой почвы на глубину до 40-50см, рекомендуемые нормы внесения – до 1500кг/га.

Вносить жидкие комплексные удобрения целесообразно при влажности почвы ниже предела раскатывания (до 0,7-0,8 НВ) при низких положениях уровня почвенно-грунтовых вод. При этом все питательные вещества сохраняются в почве и не выносятся с дренажным стоком, что не оказывает отрицательного воздействия на окружающую среду.

При внесении ЖКУ в подпахотные горизонты почвы общая и капиллярная пористость увеличивается на 3-10%, объемная масса уменьшается на 10%, обеспечиваются условия более глубокого проникновения корней растений. Глубокое внесение ЖКУ продлевает сохранность почвенной структуры и увеличивает урожайность сельскохозяйственных культур.

Для внесения ЖКУ в почву применяется агрегат на тракторе К-700, К-700А, состоящий из рыхлителя и устройства для внесения жидких химмелиорантов.

ЖКУ подается в подпахотные слои почвы из контейнера емкостью 3,6м³ через заборное устройство и питательные трубки насосов. Для внутрпочвенного внесения ЖКУ можно использовать комбинированный агрегат на базе плоскореза КПП-2,2.

Для транспортировки и внесения ЖКУ можно использовать машины грузоподъемностью 2,5; 4,5 и 9т и соответствующие им марки ПЖУ-2,5; ПЖУ-5 и ПЖУ-9. Эти машины обеспечивают поверхностное внесение жидких минераль-

ных удобрений и оборудованы соответствующими широкозахватными штангами. Поверхностное внесение жидких удобрений может быть осуществлено ОШТ-1 и ОПШ-15 – прицепными штанговыми тракторными опрыскивателями и универсальными подкормщиками-опрыскивателями ПОУ и ПОМ-630. Для внутрпочвенного внесения ЖКУ применяют серийные машины ПОМ-630 и ПОУ в агрегате с культиваторами-растениепитателями КРН-4,2 или КРН-5,6.

ПРИРОДООХРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕЛИОРАЦИЙ

УДК. 631. 417.

ЛАНДШАФТНО-МЕЛИОРАТИВНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

Н.Г. Ковалёв, Д.А. Иванов
ВНИИМЗ, Тверь, Россия

Интерес к ландшафтному земледелию обусловлен рядом обстоятельств, среди которых ведущими можно назвать следующие:

1. Конкретная потребность перехода от массы разрозненных эмпирических знаний в области земледелия к теории адаптации производства, позволяющей планировать и детально разрабатывать адаптационные мероприятия для территорий разного генезиса и иерархического уровня; прогнозировать характер изменения производственных и природных процессов при различных сценариях адаптации; достигать результатов не только в увеличении рентабельности производства, но и в сфере сохранения окружающей среды; инженерно реконструировать естественные природно-территориальные комплексы, трансформируя их в эстетически привлекательные культурные агроландшафты.

2. Создание возможности преодоления экологического кризиса, экономии огромных средств на рекультивации нарушенных ландшафтов, предпосылок для отказа от концепции «золотого миллиарда», существенного расширения ареалов, комфортных для проживания человека, повышения качества жизни сельского населения.

Главной целью ландшафтного земледелия является оптимизация сельскохозяйственного производства, направленная на существенное уменьшение экологических рисков и издержек при получении единицы продукции. Ландшафтно-мелиоративные системы земледелия (ЛМСЗ), не отвергая интенсивных подходов к процессу производства продукции, отличаются от современных химических систем наличием жесткой ландшафтно-экологической адресности технологий, которая позволяет, сохраняя низкие экономические издержки производства единицы продукции, существенно снизить последующие затраты на рекультивацию ландшафтов. основополагающим постулатом, при разработке ЛМСЗ, является положение, изложенное в работах Дж. Аци, Л.Г. Раменского,

А.А. Жученко, о том, что «...единственным, прямым и достоверным оценщиком природных условий является сама растительность» [1, 8, 3]. Суть излагаемого подхода заключается также и в учете предостережения, высказанного Л.Г. Раменским о том, что сведение экологии к ее отражению лишь в растительности приводит к лишению ее объективного основания и не дает выводов об агротехнических возможностях оптимизации окружающей среды [8]. Все вышесказанное определяет выбор основного метода исследования агрогеографии – изучения адаптивных реакций растений на изменяющиеся условия ландшафтной среды в пределах разнообразных территорий.

Достаточно широко термин «адаптивные реакции растений» использует А.А. Жученко, рассматривая их как главный механизм приспособления растительности к условиям окружающей среды. Он дает определение адаптивной реакции (адаптивного потенциала) вида как его способности к приспособлению в онтогенезе, воспроизведению и генотипической изменчивости [3]. Нами, под адаптивными реакциями растений, понимается пространственная или временная вариабельность основных показателей их жизнедеятельности в условиях изменения параметров окружающей среды [6]. Главным показателем жизнедеятельности растений является их урожайность. В процессе разработки ЛМСЗ исследуется изменение продуктивности популяций культурных растений под воздействием комплекса природных и антропогенных факторов.

Агрогеографическим результатом изучения адаптивных реакций растений является определение границ агроэкологически-однотипных территорий (АОТ). Это понятие впервые введено А.А. Жученко в 1994 году [3]. Под АОТ он понимает пространства, объединяющие сравнительно однородные по геоморфологии, литологии, типу почвы, гидрологическому режиму, климату (микроклимату) и другим показателям зоны, районы, массивы земель, или производственные участки. То есть это участки, слагаемые однородными компонентами и характеризующиеся протеканием однотипных процессов. Следовательно, АОТ – территории любого иерархического ранга, в пределах которых адаптивные реакции культуры имеют однотипный характер. Можно говорить о трех типах АОТ:

1. Пространственно-гомогенных, характеризующихся статистически однородным фоном урожайности – они выделяются на основе статистического сравнения средних значений урожайности в различных точках опробования и отражаются, как правило, в виде изолинейных карт.

2. Динамически-гомогенных - территориях, в пределах которых многолетняя динамика вариабельности урожая однотипна. Они выделяются на основе сопоставления характера многолетней динамики урожайности культур в различных точках методами кластерного или дискриминантного анализа и отражаются на картах в виде ареалов с однотипной временной динамикой (относящихся к единому кластеру).

3. Процессно-гомогенных, характеризующихся однотипностью адаптивных реакций (отклика) растений на условия ландшафтной среды. Они выявляются в ходе регрессионного анализа и отражаются на карте в виде ареалов, отличающихся оптимальными, для произрастания конкретной культуры, пара-

метрами какого-либо фактора или их группы. Соотношения между этими типами АОТ пока мало изучены, однако представляют несомненный интерес для теоретической агрогеографии.

Агроэкологическим результатом изучения адаптивных реакций растений является определение факторов, наиболее значимо влияющих на продукционный процесс культуры в пределах АОТ. Агротехнологическим результатом этой процедуры является разработка серии мероприятий по пассивной или активной адаптации продукционного процесса к условиям данной АОТ или трансформации ее природной среды для максимального приспособления к потребностям растения.

Центральным моментом ландшафтной адаптации сельскохозяйственного производства является разработка разнообразных моделей ЛМСЗ для условий агрогеосистем (АГС) различных иерархических уровней. Сельскохозяйственная география (пространственная агроэкология) – отрасль знаний, изучающая процессы генезиса, эволюции и функционирования агрогеосистем, а также способы территориальной организации сельскохозяйственного производства на принципах адаптации к их структурным особенностям. То есть это научное направление обладает своим объектом исследования, называемым «агрогеосистемой», что является непременным условием самостоятельности науки.

Понятие агрогеосистемы, на наш взгляд, является краеугольной дефиницией методологии адаптивного землепользования. Агрогеосистема (АГС) представляет собой антропогенно-измененный инвариант природной географической системы (геосистемы). По-видимому, первым подробную трактовку термина «агрогеосистема» предложил А.И. Голованов [2], который понимает под ней «...природно-техническую ресурсо-воспроизводящую и средообразующую гео (эко) систему, она служит объектом сельскохозяйственной деятельности и, одновременно, средой обитания культурных растений, домашних животных и человека». Ценность данного определения проявляется в отражении двойственности природы этого образования. Его недостатком является недооценка автором влияния особенностей пространства на сельскохозяйственное производство. Вследствие этого наблюдается явная эклектичность коренного термина (гео (эко) система), то есть здесь смешиваются безразмерные (экосистема) и пространственно детерминированные (геосистема) понятия.

Под агрогеосистемой мы понимаем антропогенно-преобразованную гео систему, характеризующуюся как условиями природной среды обрамляющего ее геокомплекса конкретного иерархического уровня, так и агротехнологическими особенностями ведения в ее пределах сельскохозяйственного производства. То есть АГС - антропогенно-природное территориальное образование, характеристики которого обусловлены во многом человеческой деятельностью, являющееся производным от исходного природного территориального комплекса. Главная особенность любой АГС – единство происхождения ее территории (генетическое единство). Это не означает отсутствия вариативности условий природной среды в ее пределах. Это обуславливает, во-первых, единую причину происхождения данной территории (например, таяние ледника), а во-вторых, системное единство всех, входящих в нее, разнообразных частей и

компонентов. Этим агрогеосистема принципиально отличается от АОТ, которая характеризуется не только единым генезисом, но и однородностью компонентов. Поэтому, в пределах агрогеосистемы может существовать несколько АОТ. Возникает проблема изучения степени совпадения границ АГС и АОТ. Выделение, в пределах конкретной территории, АГС и АОТ различного типа позволяет наиболее полно адаптировать сельскохозяйственное производство к реальным условиям, так как при этом определяется максимальное число вертикальных (межкомпонентных) и горизонтальных (межкомплексных) функциональных взаимосвязей и характер влияния их на культурную растительность.

Агрогеосистемы любого иерархического уровня в нашей трактовке отделяется друг от друга только естественными границами. Как любая геосистема, АГС иерархична по своей сути, то есть, являясь составной частью более крупного антропогенно-природного территориального образования, она сама состоит из более мелких агрогеосистем. Это свойство АГС позволяет изучать адаптивные реакции растений на условия природной среды в двух аспектах, условно названных нами «дискретным» и «континуальным». Дискретное изучение адаптивных реакций подразумевает жесткую привязку исходных данных и результатов исследований только к рубежам изучаемой АГС, при континуальном же аспекте исследования, объекты изучения могут иметь искусственные границы (например, границы административных образований), в то время как характер рубежей внутри объекта исследования учитываются значительно меньше.

АГС является антропогенно-измененным инвариантом геосистемы, в пределах которой присутствуют ее сельскохозяйственные модификации и ландшафтно-техногенные системы. Под сельскохозяйственными модификациями понимается такие территориальные комплексы, производные от естественных геосистем, в которых антропогенному изменению подвергается один или несколько подчиненных компонентов (как правило, растительность и почвенный покров), в то время как характер их геолого-геоморфологического фундамента остается неизменным [7]. К сельскохозяйственным модификациям можно отнести сенокос на месте заливного луга, пашню на месте бывшего леса и т.д. Сельскохозяйственные модификации различаются по степени антропогенной трансформации. Так, интенсивность трансформации ПТК возрастает в ряду пастбище, культурное пастбище, культурный сенокос, пашня, мелиорированная пашня. Последний член ряда, по существу, относится уже к ландшафтно-техногенным системам. Сами агрогеосистемы, по количеству и общей площади в них сельскохозяйственных модификаций, а также по степени их антропогенной трансформации могут быть разделены на слабо-, средне- и сильноизмененные [7]. Специфика сельскохозяйственных модификаций ландшафтов состоит в принадлежности их к типу кратковременных, регулируемых человеком комплексов. Они, как и все антропогенные ландшафты, являются природными комплексами и, хотя и созданы человеком, в своем развитии подчиняются природным закономерностям. При прекращении человеческого воздействия, сельскохозяйственная модификация приобретает природные черты исходного ПТК (например, луг зарастает лесом, пашня превращается в поляну и т.д.).

Ландшафтно-техногенные системы образованы природным и техническим блоками (подсистемами), развитие которых подчиняется двум разным закономерностям: природным и социально-экономическим. К ним относятся и мелиоративные системы, которые могут быть как пассивными (осушительные системы), так и активными (системы двойного регулирования водно-воздушного режима).

Основной парадигмой сельскохозяйственной географии можно считать учет, при планировании производственных мероприятий, особенностей взаимоотношений агрогеосистем различных иерархических уровней. На практике это означает, что при правильной адаптации сельскохозяйственного производства необходимо учитывать не только особенности конкретных полей и хозяйств, но и природные условия макротерриторий, в которых они расположены.

Агрогеосистемы различных уровней выделяются на местности и наносятся на карту в процессе районирования, опирающегося на определенные принципы типизации. Основа иерархической парадигмы – типизация агрогеосистем – схема соподчинения (иерархии) различных агрогеографических образований.

Вышеприведенное определение агрогеосистемы позволяет, в качестве основополагающих принципов типизации АГС, использовать огромные наработки отечественных физико-географов, исповедующих в этом вопросе комплексно-генетический подход. Пример подобного подхода к типизации дан в нашей работе [4].

Литература

1. Аци Дж. Сельскохозяйственная экология. М., 1959, -480с.
2. Голованов А.И., Зимин Ф.М. Природообустройство (курс лекций). МГУП, 2000, -150с.
3. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (концепция). Пушкино, 1994, -148с.
4. Иванов Д.А. Ландшафтно-адаптивные системы земледелия (агроэкологические аспекты). Тверь, 2001, -304с.
5. Ковалев Н.Г., Смирнов А.А., Иванов Д.А. и др. Теоретические основы создания адаптивных ландшафтно-мелиоративных систем земледелия и их типовые модели (проекты) для различных природно-экономических условий гумидной зоны. Кн.1, - Тверь, 2000, -119с.
6. Ковалев Н.Г., Ходырев А.А., Иванов Д.А., Тюлин В.А. Агрландшафтоведение. РАСХН, Минсельхоз, ТГСХА, ВНИИМЗ, Учебное пособие, Тверь-Москва, 2004, 490с.
7. Прокаев В.И. Физико-географическое районирование. М.: Просвещение, 1983, -176с.
8. Раменский Л.Г. Избранные работы. Л., 1971, -234с.

УДК 631.48

АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНАЯ МЕЛИОРАЦИЯ БАРАБЫ МЕТОДОМ ЭКОЛОГО-ГАЛОГЕОХИМОГЕННОЙ СОПРЯЖЕННОСТИ ПОЧВ И РАСТЕНИЙ

М.Т. Устинов

ФГУП «Запсибгипроводхоз», Новосибирск, Россия

К пониманию и раскодировке потенциала плодородия почв Барабинской равнины (Барабы) необходим разносторонний, но специфический подход, так как Бараба – это, не только огромная территория (1,4 тыс. км²) Западной Сиби-

ри, но и многослойная сложномозаичная с высокой динамикой почвообразовательных процессов и периодически пульсирующей аридизацией и обводнением мегаэкосистема, имеющая многообразие разнообразных экосистем.

Концептуально-стратегические особенности мелиорации плодородия почв Барабы в первую очередь обусловлены широким спектром почв, находящихся в сложных сочетаниях гидроморфных и полугидроморфных, в разной степени засоленных или заболоченных, трансформирующихся в автоморфные незасоленные на фоне слабой естественной дренированности (с наличием гривного рельефа) территории и общей аридизации климата [1].

Один из путей наиболее полного рационального использования эколого-мелиоративного потенциала территории Барабы и её почвенного покрова – это способ снижения уровня лимитирующих факторов плодородия почв с помощью их галогеохимического сопряжения с потенциалом соли-солонцеустойчивости культурных растений.

Освоение засоленных и солонцеватых земель жизненно необходимо, поскольку около 25% почв планеты в той или иной мере засолены, значительная часть почв осолонцована. Если принять во внимание, что две трети Земли покрыты водами мирового океана со средней соленостью 35%, то можно сделать следующий вывод: основная масса живого вещества (в том числе преобладающее число представителей флоры) Земли осуществляет свое развитие в присутствии высокого содержания солей [2].

Уникальным полигоном засоленных и солонцеватых земель является Бараба. Пульсирующая аридизация территорий, повышенная минерализация грунтовых вод, в также палеогалогенез и особенности современного соленакопления лежат в основе причинно-следственных отношений галогеохимических процессов на территории юга Западной Сибири. В результате одним из лимитирующих факторов плодородия почв становятся засоление и солонцеватость. Практически все почвы лесостепной и степной зон юга Западной Сибири в разной степени солонцеваты и засолены, что является определяющим при поиске оптимальных способов их рационального использования.

Засоление и солонцеватость почв традиционно корректируются мелиоративными мероприятиями: агрономическими, агрохимическими, химическими (коренная мелиорация) или гидротехническими (промывки, орошение, дренаж).

В практике земледелия применяется ещё один вид мелиоративных мероприятий – фитомелиорация. При этом способе добиваются улучшения плодородия почв с помощью растений.

Однако применение фитомелиораций в сельском хозяйстве до настоящего времени носит стихийный и локальный характер и в должной мере не реализовано. Между тем исследования Н.В. Орловского [3] и А.А. Шахова [4] предполагают возможность широкой практической её реализации. Это направление актуально в поиске методов рационального природопользования.

Зарубежные исследователи [5-7] уделили много внимания устойчивости растений к засолению и солонцеватости почв. Но, тем не менее, до сих пор исследования по соли-солонцеустойчивости растений фрагментарны и не раскрывают особенностей взаимосвязи «почва-растение». Многовековая практика

земледелия свидетельствует о способности многих сельскохозяйственных растений произрастать на засоленных и солонцеватых почвах. Это расширяет возможность использования засоленных и солонцеватых почв и служит основой для разработки агробиологических мелиоративных мероприятий.

Необходимо исходить из основного принципа солеустойчивости, что растения должны не только свободно переносить значительное засоление почвы, но лучшего развития в определенные периоды даже нуждаться в некотором засолении [4]. Данное высказывание является ключевым моментом в рассматриваемой нами оценки эколого-мелиоративного потенциала территории и организации адаптивно-ландшафтной мелиорации с рациональным использованием эволюционно-генетических особенностей растений.

Почвенный покров является средой, в которой заложена родословная растений, средой, которая закодирована в их эволюционно-генной памяти и закреплена в механизме выживания и благополучия роста. Так культурные формы (сорты) свеклы до сих пор обладают рядом эколого-физиологических особенностей, подчеркивающих галофитную природу их предков [4]. Поэтому одним из почвенно-мелиоративных показателей оценки эколого-мелиоративного потенциала территорий должна стать соле-солонцеустойчивость растений.

Предлагаемый нами метод рациональной эколого-галогеохимогенной сопряженности почв и культурных растений позволяет оптимизировать организацию адаптивно-ландшафтного земледелия. Анализ сельскохозяйственного производства Западной Сибири показывает, что оно чаще всего ведется нерационально, без учета эколого-мелиоративного потенциала территорий, регионально-генетических особенностей плодородия почв и эволюционно-генетических особенностей выращиваемых на них сельскохозяйственных культур. Примером могут служить столовая свекла и подсолнечник, выращиваемые на силос на высокоплодородных пойменных и черноземных почвах, хотя их высокая соле-солонцеустойчивость позволяет произрастанию на менее плодородных почвах, той или иной степени засоления и солонцеватости. А более плодородные почвы могут быть использованы под культуры чувствительные к этим негативным процессам. Изложенное дает закономерное основание внедрения метода рациональной эколого-галогеохимогенной сопряженности почв и культурных растений. Сущность метода заключается в оптимизированном подборе сельскохозяйственных культур к структуре почвенного покрова и генетическим особенностям почв.

Эколого-экономическая целесообразность метода галогеохимогенной сопряженности почв и культурных растений обусловлена:

- уменьшением площадей плодородных земель за счет антропогенеза и техногенеза;
- значительным распространением на юге Западной Сибири естественно засоленных и солонцеватых земель на фоне высокой комплексности почвенного покрова;
- большой сложности учета токсических факторов в солонцовых почвах;
- весьма узкими пределами порога токсичности обменного натрия (1-2 мг-экв\100 г почвы) [8], которые требуют очень тонкую коррекцию плодородия

дия солонцовых почв с помощью доз мелиорантов, что не всегда возможно в практике земледелия;

- сложной динамикой пульсирующего засоления – рассоления и осолонцевания - разсолонцевания почв Западно Сибири, что делает, чаще всего, нецелесообразным применение химической мелиорации;
- необходимостью включения в севообороты соле-солонцеустойчивых сельскохозяйственных культур, в связи с широким распространением засоленных и солонцеватых почв эколого-мелиоративного потенциала территории, а также внедрение технологии адаптивно-ландшафтного земледелия;
- значительно высокой потенциальной производительностью засоленных почв в сравнении с незасоленными [4];
- сложной диагностикой солонцеватости почв, открытой и нерешенной задачей, как за рубежом, так и в России;
- более широким диапазоном соле-солонцеустойчивости растений Западной Сибири, в следствии периодических повышения обводненности по сравнению с сухими районами Заволжья или Средней Азии [9];
- целесообразностью повышения биотического потенциала продуктивности территорий путем специального подбора соле-солонцеустойчивости сельскохозяйственных культур;
- возможностью вовлечения в сельскохозяйственное производство сильно-засоленных территорий и малопродуктивных земель (особенно Барабинской и Кулундинской равнин), где отсутствие стока и сложность рельефа (чередование грив и западин) не только затрудняют промывки, но чаще всего проведение их невозможно, что исключает и химическую мелиорацию;
- сдерживанием процессов засоления почв, находящихся в ирригационном режиме при сельскохозяйственном производстве, введением в севооборот соле-солонцеустойчивых культур;
- поддержанием благоприятного солевого баланса почв, в условиях орошения водами повышенной минерализации, путем биологического выноса солей солеустойчивыми сельскохозяйственными культурами.

Таким образом, экосистемный метод оценки особенностей галогеохимогенной сопряженности почв и растений позволяет организовать севообороты в соответствии с принципами рационального природопользования (адаптивно-ландшафтного земледелия) и эколого-экономической целесообразности эксплуатации почвенного плодородия.

В основу метода эколого-галогеохимогенной сопряженности почв и растений и его дальнейшего развития нами положены следующие ключевые понятия:

- солонцеустойчивость есть не признак, а процесс [Генкель, 1950];
- в какой бы географической зоне и на какой бы почве не росли соле-солонцеустойчивые культурные растения (например, свекла) они сохра-

няют черты своего экологического прошлого, что предопределяет в какой-то степени их устойчивость к засолению и солонцеватости земель [4].

- географическое различие потенциала плодородия почв отражается на солеустойчивости особей одного вида растений, повышая или понижая степень их соле-солонцеустойчивости [4];
- эколого-физиологические особенности культурных растений сохраняющие галофитную природу своих предков в симбиозе с типом характером засоления и солонцеватости, а также генезисом почв определяют соле-солонцеустойчивость в настоящем в соответствии эколого-мелиоративного потенциала территории и их почвенного покрова;
- солеустойчивость растений – это также способность растений влиять на почвенную среду, изменяя её в сторону повышения плодородия почвы. С изменением условий среды изменяется и солеустойчивость [4];
- чем выше природная (естественная) соле-солонцеустойчивость растения, тем шире диапазон рационального использования эколого-мелиоративного потенциала территории и её почвенного покрова;
- оптимальность подбора экологической ниши культурному растению зависит, как от его степени соле-солонцеустойчивости, так же зависит от детальности и глубины исследования эколого-мелиоративного потенциала территорий и их почвенного покрова;
- для экологической характеристики засоленных почв очень важным является их водно-солевой режим, оказывающий самое существенное влияние на рост и развитие растений;
- солеустойчивые сорта обладают высокой водонасасывающей силой и слабой способностью при прорастании поглощать соли [4];
- измерение засоленности почвы в сочетании с точным установлением данных о солеустойчивости растений способствуют своевременной диагностике явлений засоления [7];
- степень соле-солонцеустойчивости (высокая, средняя, низкая) есть обобщенный относительно-условный показатель качественной выраженности устойчивости растений к засолению и солонцеватости не только эколого-мелиоративного потенциала территории и почв, но и относительно других растений, утверждённый временем и различными исследованиями в разных странах с различным эколого-мелиоративным потенциалом территорий.

Так как соле-солонцеустойчивость сельскохозяйственных культур величина динамичная и находится в многофакторной зависимости эколого-мелиоративного потенциала территорий почвенного покрова и эколого-физиологического состояния растений, то такая величина может носить лишь ориентировочный характер.

Таким образом, солонцеустойчивость растений есть способность в процессе приспособления к засоленности почвы переносить почвенное засоление, развивая при этом активные эколого-биологические реакции, направленные на усиление жизнестойкости растения в этих условиях [4];

При рациональном использовании эколого-мелиоративного потенциала территории Западной Сибири, и в частности Барабы, с учетом соле- и солонцеустойчивости сельскохозяйственных культур, в сфере внимания практиков земледельцев и исследователей, должны быть в первую очередь перспективные и традиционно выращиваемые в Западно-Сибирском регионе кормовые культуры, к которым, в первую очередь, можно отнести свеклу (столовую, кормовую, сахарную), подсолнечник на силос, люцерну (синегибридную, желтогибридную, пестрогибридную), костер безостый, донник (белый, желтый) и другие.

Свекла (кормовая, сахарная и столовая), как указывал еще в 1946 году Н.В. Орловский [10] для Западной Сибири является специфической культурой, так как это особо солеустойчивая культура, под которую возможно занять засоленные земли малопригодные для других полевых и овощных культур.

Культурные формы (сорты) свеклы до сих пор обладают рядом эколого-физиологических особенностей, подчеркивающих галофитную природу их предков. У свеклы наследственно закреплена потребность в солях. Это растение накапливает хлор в очень больших количествах, особенно на засоленных почвах. Другие соли менее благоприятны для свеклы, но и они способствуют её росту и развитию [4].

В силу галофитной природы свекла при отсутствии засоления оказывается по аналогии с солончаками в худших условиях водоснабжения. Сахарная свекла легко переносит высокие концентрации солей, как при хлоридно-сульфатном, так и при содово-сульфатном засолении и может произрастать даже на корково-столбчатых сильно-солончаковых солонцах и на хлоридносульфатных солончаках [10]. Однако выясилось, что, несмотря на выдающуюся солеустойчивость свеклы, все же практически её можно использовать только на слабо-солончаковых луговых почвах. Высокая чувствительность семян к засолению во время прорастания и в первые стадии развития может приводить уже на средне-солончаковых почвах к печальным результатам, особенно в годы с сухой весной.

На луговых слабо-солончаковых почвах отмечены наиболее высокие урожаи, значительно превышающие урожаи этой культуры более высоких незасоленных, но более сухих участках занятых черноземно-луговыми почвами. Важным моментом рационального использования эколого-мелиоративного потенциала Барабы, является то, что кроме засоления, близость грунтовых вод оказывает положительное воздействие на урожай свеклы.

Являясь холодостойкой культурой, свекла выносит поздние весенние и ранние осенние заморозки, что делает её весьма перспективной кормовой культурой для Западно-Сибирского региона и особенно для Барабы.

Подсолнечник – культура, которая в Западной Сибири повсеместно выращивается на силос. В работах Н.В. Орловского [3,10] подсолнечник отнесен к группе культур с низкой солеустойчивостью. Многочисленные исследования показывают, что подсолнечник следует относить к культурам со средней степенью солеустойчивости. А.А. Шахов в своей монографии по солеустойчивости растений [4] анализируя различия солевыносливости сельскохозяйственных культур по данным опытных станций Средней Азии, отмечает, что подсолнеч-

ник и сахарная свекла в подавляющем большинстве случаев оказались наиболее солеустойчивыми.

По солеустойчивости подсолнечник превосходит многие зерновые культуры. При расчете на 1 га, по данным В.Е. Кабаева (1954 г.), подсолнечник выносит из почвы до 700 кг натрия, 200 кг кальция, 100 кг хлора, 50 кг сульфат-иона, 40 кг магния. Способность потреблять много натрия очень важно для снижения солонцеватости почв.

Следовательно, подсолнечник, если даже в условиях Средней Азии проявляет свойства высокой солеустойчивости, то в условиях более увлажненной Западной Сибири, где солеустойчивость сельскохозяйственных культур несколько выше, подсолнечник - перспективная сельскохозяйственная культура для выращивания на территориях с засоленным и солонцеватым эколого-мелиоративным потенциалом почвенного покрова.

Люцерна, как правило, выполняет особую роль в мелиоративный период освоения засоленных и солонцеватых почв, так как выдерживает засоление почвы до 0,3-0,5%, осолонцеванность до 15% содержания натрия в ППК, способствует улучшению физических свойств почвы, её структурности, обладает мощной корневой системой, рыхлит почву на глубину более 3 м, снижает инфильтрацию поливной воды в глубь почвогрунтов, быстро повышает плодородие почвы [Кружилин, 1977 г.].

При средней солонцеватости у люцерны повышенная чувствительность к засоленным почвам, особенно в первый год её выращивания. Особенно вредным для неё является хлоридное засоление. Солеустойчивость у люцерны повышается с возрастом не только вегетативной части, но и семян.

Разнокачественность засоления (типы почвенного засоления) имеет существенное значение в солеустойчивости растений; однако считать это обстоятельство решающим, а главное, будто бы не дающим основания к созданию общей теории солеустойчивости нельзя. Хлоридный, сульфитный и любой другой тип засоления в результате длительного эволюционного влияния создает у растений в той или иной степени «солевой эффект» (лучший рост и нормальное развитие галофитов только при наличии в субстрате потребного растению количество солей). Это важное положение современной теории галофитизма и солеустойчивости; недооценивать его – значит видеть глубоко преобразующего влияния почвенного засоления на растительный организм, не видеть биологической основы солеустойчивости растений [4].

Литература:

1. Устинов М.Т., Глистин М.В., Казанцев В.А., Магаева Л.А. Адаптивно-ландшафтная мелиорация Барабы. // Мелиорация и водное хозяйство – 2005 - № 6 – с. - 46-49.
2. Строганов Б.П. Метаболизм растений в условиях засоления (XXXIII Тимирязевское чтение) Изд-во «Наука» М.: 1973, 51 стр.
3. Орловский Н.В. Допустимые, вредные и токсичные концентрации солей в почвах Барабы // Тр. Новосибирского СХИ, вып.8. Новосибирск, 1951. – с. 3-31
4. Шахов А.А. Солеустойчивость растений. Изд-во АН СССР, М. – 1956

5. Кук Дж.У. Регулирование плодородия почвы. Пер. с англ. и предисл. к.с. – х.н. Э.И. Шконде. – М: Колос. – 1970
6. Блэк К.А. Растения и почва. Пер. с англ. к.с.-х.н. Э.И. Шконде.-М: Колос.-1973
7. Бреслер Э., Макнил Б.Л., Картер Д.А. Солончаки и солонцы. Пер. с англ., Л: Турометео-издат.-1987
8. Орловский Н.В. Исследования почв Сибири и Казахстана.-Новосибирск: Наука.-1979, 207 с.
9. Орловский Материалы по генезису, режиму и сельскохозяйственному освоению почв Центральной Барабы \\ Тр. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева.-1955.-т.11. – с. 226-409.
10. Орловский Н.В. О солеустойчивости овощных культур и сахарной свеклы на засоленных гривных землях Барабы – Вкл.: За сельскохозяйственное освоение Барабы. Выпуск I, Новосибирск, 1946- с.-160-168.

УДК 631.6

УПРАВЛЕНИЕ МЕЛИОРАТИВНЫМ РЕЖИМОМ В СТЕПНОЙ И СУХОСТЕПНОЙ ЗОНАХ СТРАНЫ

И.П. Кружилин, В.Ф. Мамин, А.Г. Болотин, А.Л. Казакова, М.К. Тихонова
ГНУ ВНИИОЗ, Тверь, Россия

Степная и сухостепная зоны расположены к югу от лесостепной. Северная граница этих зон прослеживается по линии городов: Валуйки - Новохоперск - Борисоглебск - Вольск - Сызрань - Самара - Бугуруслан - Уфа, далее огибая Уральские горы, продолжаясь в Сибири по линии Троицк - Омск - юго-западнее от Новосибирска - Барнаул - Бийск и уходит на Горно-Алтайск. К востоку от реки Обь данные зоны образуют крупные разрозненные массивы, а по Забайкалью - более мелкие.

В почвенном покрове степной и сухостепной зон преобладают черноземы обыкновенный, южный и предкавказский, а также темно-каштановые и каштановые почвы. В Европейской части России обыкновенный чернозем, южный чернозем и каштановые почвы расположены полосами, последовательно сменяющимися друг друга по мере продвижения с северо-запада на юго-восток, т.е. по мере увеличения сухости климата.

Черноземы и почвы каштанового типа, которые в совокупности занимают большую часть площади зоны, иногда бывают засоленными или солонцеватыми, причем выраженность этих явлений усиливается, а площадь распространения засоленных почв и солонцов увеличивается от северной границы к южной. В Западно-Сибирской низменности, где грунтовые воды нередко засолены, при гривистом рельефе вершины грив заняты лугово-черноземными почвами, а склоны и депрессии между ними - солонцами и луговыми засоленными почвами.

Климат в целом характеризуется как умеренно-теплый, сухой, континентальный. Средняя годовая температура воздуха в европейской части не превышает 5 °С, часто достигая 7 - 8 °С, а в некоторых районах и 9 -10 °С, в азиатской части она уменьшается, достигая 0 °С и даже ниже (Забайкалье).

Годовое количество осадков в европейской части степной черноземной зоны составляет в среднем - 400 - 500, а в Сибири - 300 - 350 мм. В сухостепной зоне количество атмосферных осадков уменьшается до 250 - 350 мм.

В Российской Федерации из 208 млн. га сельскохозяйственных угодий более 40 млн. га представлены засоленными и осолонцованными почвами.

Площадь засоленных почв на орошаемых землях России (4553,4 тыс. га) по данным мелиоративного кадастра на 01.01.04 г. составляла 719, солонцовых – 410 тыс. га. Причем, площадь орошаемых земель, оцениваемых по почвенно-мелиоративному состоянию как неудовлетворительные, за последние 3 года (2001...04 гг.) увеличилась с 701 до 752 тыс. га. /4/.

Перечень мероприятий по мелиорации орошаемых солонцов в степной и сухостепной зонах с учетом почвенно-мелиоративного состояния орошаемых земель приводится в таблице 1. Они рассчитаны на удаление легкорастворимых солей из активной зоны аэрации и глубокого их консервирования. При этом следует иметь в виду, что повышение бонитета засоленных солонцов не ограничивается только их опреснением, а предопределяется проведением других мелиоративных мероприятий.

Разнообразие солонцовых и засоленных почв при выборе метода их мелиорации обуславливает необходимость учета следующих основных требований:

1. Соблюдение экологически безопасного функционирования системы почва - вода - растение.

2. Регулирование пределов химического состава почвенных растворов и ППК орошаемых почв, которые определяются по физико-химическим показателям (табл. 2). В засоленных и солонцовых почвах, содержащих повышенное количество легкорастворимых солей и обменного натрия возможны два варианта эволюционного развития: а) без формирования токсичной щелочности почвенных растворов, б) с формированием или увеличением токсичной щелочности почвенных растворов. В последнем случае усиливается или развивается осолонцевание почв.

3. Поддержание режима орошения – увлажнительного, непромывного, периодически промывного.

4. Увеличение оросительной нормы должно соответствовать коэффициентам увлажнения (K_u). Для степной зоны при $K_u = 0,44...0,77$, оросительная норма увеличивается на 10 %, для сухостепной зоны каштановых почв при $K_u = 0,33...0,44$ - на 10...15 % и светло-каштановых на 20 % /5/.

5. Обязательным условием для проведения рассолительных мероприятий является требуемое ирригационное качество воды, не вызывающее вторичного засоления и осолонцевания. Оно оценивается по показателю «выверенного» параметра натриевого адсорбционного отношения – SAR^* . При SAR^* меньше 6 осолонцевание и засоление не происходит; при $SAR^* = 6...9$ есть опасность накопления солей и при SAR^* больше 9 возможно осолонцевание почв /5/.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----|----------------------------------------------------|--------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| | Глубина залегания водо-растворимых солей 0...0,5 м | 25...50 | - | Глубокое рыхление на 0,5...0,8 м; посев солеустойчивых культур; режим орошения – тот же | Глубокое рыхление на 0,5...0,8 м; посев солеустойчивых культур; режим орошения – тот же | |
| 7. | Слабозасоленные | >50 | - | | Мелиоративная вспашка на 0,4...0,5 м; или глубокое рыхление на 0,5...0,8 м; внесение химмелиорантов на всю площадь (10...20 т/га); мелиоративный севооборот; режим орошения – промывной: - m + 15 % m + 20 %, при НПВ – 80 % НВ | |
| 8. | Среднезасоленные | нет или < 10 | | Глубокое рыхление на 0,5...0,8 м; посев солеустойчивых культур; режим орошения – промывной – m + 10 % при НПВ – 75...80 % НВ | Глубокое рыхление на 0,5...0,8 м; посев солеустойчивых культур; режим орошения – промывной: m + 15 % m + 20 %, при НПВ – 80 % НВ | |
| 9. | -«- | 10...25 | | Мелиоративная вспашка на 0,4...0,5 м; внесение химмелиоранта на пятна солонцов (5...10 т/га); мелиоративный севооборот; режим орошения – промывной - m + 10 % при НПВ – 75...80 % НВ | Мелиоративная вспашка на 0,4...0,5 м; внесение химмелиоранта (6...12 т/га); мелиоративный севооборот; режим орошения – промывной m + 15 % m + 20 %, при НПВ – 80 % НВ | |
| | Глубина залегания водо-растворимых солей 0...0,5 м | 10...25 | | Глубокое рыхление на 0,5...0,8 м; внесение химмелиоранта (5...10 т/га); посев солеустойчивых культур; режим орошения – тот же | Глубокое рыхление на 0,5...0,8 м; внесение химмелиоранта (6...12 т/га); посев солеустойчивых культур; режим орошения – тот же | |
| 10. | Среднезасоленные | 25...50 | | Мелиоративная вспашка на 0,4...0,5 м; внесение химмелиоранта на пятна солонцов (5...10 т/га); мелиоративный севооборот; режим орошения – промывной - m + 10 % при НПВ – 75...80 % НВ | Мелиоративная вспашка на 0,4...0,5 м; внесение химмелиоранта (10...20 т/га); мелиоративный севооборот; режим орошения – промывной m + 15 % m + 20 %, при НПВ – 80 % НВ | |
| | Глубина залегания водо-растворимых солей 0...0,5 м | 25...50 | | Глубокое рыхление на 0,5...0,8 м; внесение химмелиоранта в тех же дозах; посев солеустойчивых культур; режим орошения – тот же | Глубокое рыхление на 0,5...0,8 м; внесение химмелиоранта в тех же дозах; посев солеустойчивых культур; режим орошения – тот же | |
| 11. | Среднезасоленные | > 50 | - | - | Мелиоративная вспашка на 0,4...0,5 м; внесение химмелиоранта (10...20 т/га); мелиоративный севооборот; режим орошения – промывной: m + 15 % m + 20 %, при НПВ – 80 % НВ | |

- нижний порог влажности (НПВ) и наименьшая влагоемкость (НВ)
- ** - оросительная норма (m)
- *** - мелиоративный севооборот с 40 % насыщением полей люцерной на 3/к

Таблица 2 – Пределы регулирования солевого режима почвенных растворов и состава ППК

| Емкость катионного обмена, ммоль (экв)/100 г | Соотношение катионов в ммоль (экв.)/л в почвенном растворе | | Предельно допустимое содержание обменных катионов в ППК, % | | SAR оросительной воды |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------|------------------------------------------------------------|---------|-----------------------|
| | Na | Na/Mg | Na | Mg | |
| 30...40 | 0,1...0,2 | 0,2...0,3 | <1...2 | <15 | <2 |
| 20...30 | 0,3...0,4 | 0,5...0,6 | 2...3 | 15...20 | 2...4 |
| 10...20 | 1,2...1,5 | 1,8...2,0 | 3...5 | 20...25 | 4...6 |
| <10 | >1,5...2,0 | >2,0...3,0 | <5...10 | 25...30 | >6 |

6. Поддержание уровня грунтовых вод на глубине не менее 3 м от поверхности почвы или наличие искусственного дренажа, своевременная очистка и утилизация дренажно-сбросных вод оросительных систем там, где это необходимо.

7. Исключение из орошения комплексных почв с содержанием солонцов более 25% и отведение под рекреации солонцов сильной степени засоления.

8. Корректный выбор (в зависимости от генетических признаков солонцов) и расчет доз мелиорантов.

9. Соблюдение экологических ограничений при внесении химмелиорантов при выполнении технологических мероприятий.

10. Назначение специальных мелиоративных обработок определяется наличием солонцовых пятен в почвенном покрове и глубиной первого от поверхности наибольшего скопления солей. При отсутствии солонцов или их содержании менее 25 % при всех условиях засоления проводится объемное рыхление на 0,5...0,8 м. При увеличении солонцов до 50 % и более и наличии первого солевого максимума с 0,5-метровой глубины назначается мелиоративная вспашка (обычно трехъярусная вспашка на глубину 0,40...0,45 м). При сильном засолении и обнаружении солевого пояса в слое 0...0,5 м целесообразно провести глубокое объемное рыхление (табл. 1).

11. Обеспечение режима органоминерального питания удобрениями, особенно в верхней части корнеобитаемого слоя.

12. Правильное размещение севооборотов, подбор сельскохозяйственных культур. На трудно мелиорируемых почвах – подбор многолетних трав или галофитов-мелиорантов. Опреснение почвы на глубину заделки семян при посеве с.-х. культур.

13. На склоновых почвах необходимы контурно-ландшафтная организация территорий, почвозащитные севообороты (с короткой ротацией), специфические способы обработки почвы.

14. Подбор технических средств, комбинированных машин и др. для внедрения прогрессивных технологий мелиорации.

Регулирование мелиоративного режима почв средней степени сульфатно-хлоридного засоления путем создания промывного режима, внесения химмелиорантов на фоне различной основной обработки почвы, способствовало по-

вышению плодородия и урожайности зеленой массы кукурузы и суданской травы.

Так, глубокое рыхление почвы по сравнению с обычной отвальной вспашкой увеличивало урожайность суданской травы с 45,9 до 57,9 т/га, а создание промывного режима в этих вариантах, за счет увеличения оптимальной поливной нормы на 20%, повышало урожайность зеленой массы до 57,2 - 76,1 т/га. Максимальная урожайность зеленой массы суданской травы (61,1 - 82,9 т/га) была получена при сочетании приведенных факторов и внесении химмелиоранта.

Данная закономерность по изменению урожайности зеленой массы прослеживается и на посевах кукурузы (табл. 3).

Таблица 3 - Урожайность суданской травы и кукурузы на зеленую массу, т/га.

| По водному режиму | | Варианты | Суданская трава | | Кукуруза на з/м | |
|--------------------|------------------------------|-------------------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| | | | без мелиоранта | с мелиорантом | без мелиоранта | с мелиорантом |
| 70... 75% НВ | m _{ont} | Обычная вспашка на глубину 0,25...0,27 м. | 45,9 | 48,4 | 41,2 | 42,7 |
| | | Вспашка + щелевание | 52,3 | 59,2 | 44,1 | 45,4 |
| | | Глубокое рыхление | 57,9 | 65,1 | 46,7 | 47,9 |
| | m _{ont} +10 % | Обычная вспашка на глубину 0,25...0,27 м. | 51,2 | 57,3 | 42,9 | 43,8 |
| | | Вспашка + щелевание | 54,9 | 65,8 | 46,2 | 47,3 |
| | | Глубокое рыхление | 66,7 | 75,4 | 48,6 | 51,7 |
| | m _{ont} +20 % | Обычная вспашка на глубину 0,25...0,27 м. | 57,2 | 61,1 | 44,8 | 45,5 |
| | | Вспашка + щелевание | 63,9 | 72,2 | 47,7 | 48,1 |
| | | Глубокое рыхление | 76,1 | 82,9 | 51,4 | 53,4 |

Подщелачивание и осолонцевание при орошении распространены достаточно широко, даже на черноземных почвах. Ярким примером осолонцевания черноземов при поливах водой неблагоприятного состава из степных рек, являются участки, расположенные на Азовской и Миусской ОС Ростовской области и Краснодарского края /2/.

На орошаемых землях России встречается разновидность остаточного натриевых солонцов, сформированных на близко залегающих (около 1 м) кремнеземистых породах (супесях и песках). Мелиорация их долгое время оставалась не изученной. Антипов-Каратаев И.Н. еще в 40-х годах XX века отмечал, что мелиорации малонатриевых солонцов должно уделяться первостепенное значение. В настоящее время для них разработана система мероприятий, базисом которой является комплексный метод /3/. Регламент внесения мелиорантов следующий: навоз (60 т/га) осенью под вспашку (на глубину 0,25...0,27 м), более

чем через 1,5 года – гипс летом под первую культивацию и сернокислое железо половинными дозами (по 3 т/га) в сухом виде осенью того же года под обычную вспашку. Минеральные удобрения вносились с учетом выноса питательных веществ с урожаем в течение 4-х лет.

На каждый фактор метода возлагалось выполнение селективных мелиорирующих функций, представленных на схеме био- и физико-химическими процессами (рис. 1). Роль органоминеральных удобрений под воздействием поливной воды и биоценоза сводилась к обогащению солонцов органическим веществом и элементами питания. Глубокая вспашка и культивации разрыхляли плотный солонцовый горизонт, а также способствовали перемешиванию мелиорантов и удобрений в почве. На окультуривающее действие гипса возлагалась функция снижения щелочности почвенных растворов и обогащения почвенно-поглощающего комплекса кальцием. Мелиорирующее действие сернокислого железа заключается в кислотном гидролизе, идущем с образованием серной кислоты, которая нейтрализует соду, снижает щелочную реакцию среды и вступает в реакцию обмена с карбонатами почв, образуя гипс. В результате этого устраняется карбонатизация внесенного гипса, т.к. гипс в щелочной среде карбонатизируется и слабо участвует в мелиоративных процессах солонцов. Химические реакции, протекающие в почве, создают условия для рассолонцевания. Катионы сернокислого железа (Fe^{3+}) и гипса (Ca^{2+}) способствуют коагуляции коллоидов почв. Больше того, первый является связующим звеном при образовании глино-гумусовых комплексов, что способствует накоплению гумусовых веществ в солонце.

Поливная вода способствует растворению мелиорантов и протеканию сложных мелиоративных процессов в почве. Воздействие каждого фактора в условиях ирригации способствует повышению мелиорирующего эффекта и в результате явления синергизма. Синергизм, проявляющийся при совместном воздействии гипса и сернокислого железа, позволяет:

а) устранить карбонатизацию гипса за счет нейтрализации щелочной среды почвенных растворов;

б) усилить оструктурирующий эффект в результате обогащения почвенно-поглощающего комплекса ценными катионами Ca^{2+} и Fe^{3+} ;

в) вносить их малыми дозами, что способствует охране окружающей среды (содержание Zn в верхнем слое почвы составляло 42, Си –16, Cd – 0,15 и Pb – 8,6 мг/кг, что почти соответствовало содержанию их до мелиорации) и малозатратно.

Высокий агрофон, сложившийся благодаря комплексному методу мелиорации солонцов и хорошему предшественнику эспарцету, способствовал существенному повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Так, биологическая урожайность кукурузы РОСС 145 на зеленую массу за мелиоративный период увеличилась с 18,5 до 41,9, картофеля Невский в первый после мелиорации год – с 26,9 до 49,6, лука Волжанин во второй год – с 15,1 до 28,7 т/га (табл. 4).

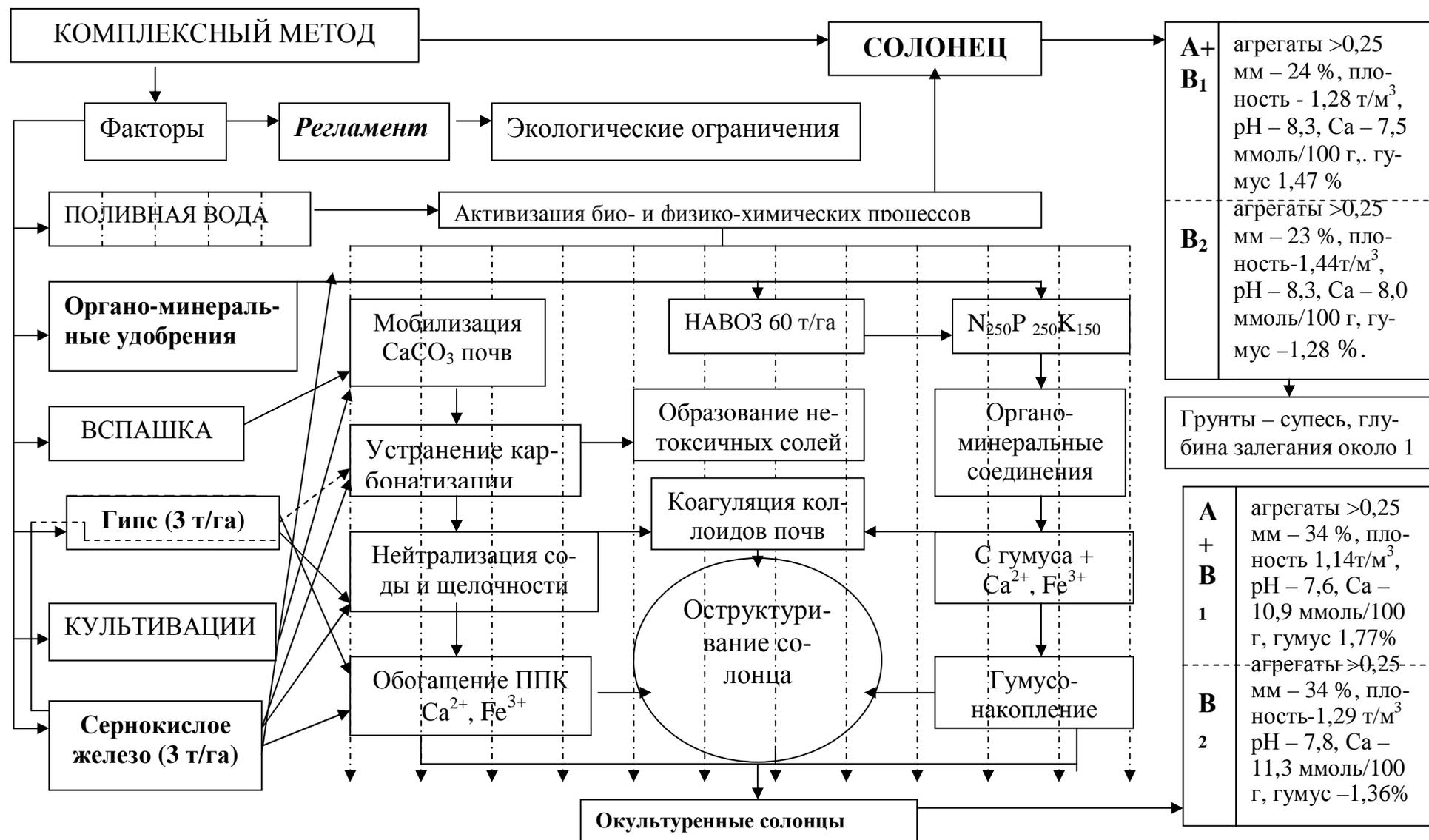


Рисунок 1 - Схема комплексного метода мелиорации солонцов, сформированных на кремнеземистых породах

Таблица 4 – Влияние комплексной мелиорации на урожайность сельскохозяйственных культур, т/га

| Вариант опыта | 2000 г | 2001 г | 2002 г | 2003 г | 2004 г |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|--------|-------------------|
| | Картофель, клубни | Кукуруза на зеленую массу | Картофель, клубни | Лук | Кукуруза на зерно |
| <i>Солонцовая почва</i> | | | | | |
| Контроль (1) + фон* | 20,0 | 18,5 | 26,9 | 15,1 | 4,0 |
| Фон +6 т/га CaSO ₄ | | 21,8 | 31,2 | 17,1 | 4,1 |
| Фон +60 т/га навоз +6 т/га CaSO ₄ | 35,0 | 44,1 | 43,2 | 24,8 | 4,8 |
| Фон +60 т/га навоз +3 т/га CaSO ₄ +3 т/га FeSO ₄ | | 41,9 | 49,6 | 28,7 | 5,5 |
| <i>Светло-каштановая почва</i> | | | | | |
| Контроль (2) + фон* | 38,9 | 49,5 | 57,1 | 26,1 | 7,9 |

* - вспашка на 0,25...0,27 м + минеральные удобрения

Урожайность кукурузы на зерно (Поволжский 89) в третий постмелиоративный год увеличилась незначительно, с 4,0 до 5,5 т/га, что свидетельствует о снижении мелиоративного эффекта во времени.

В заключение следует отметить, что применение комплексной мелиорации солонцовых почв можно рассматривать как часть комплексной программы борьбы с деградацией почвенного покрова, опустыниванием и засухой, повышения плодородия и продуктивности земель с комплексным почвенным покровом.

Литература

1. Антипов-Каратаев И.Н. О теории и практики мелиорации солонцовых почв в условиях орошения.//Тр. Почв ин-та АН СССР, Т. 24, 1940.
2. Докучаева Л.М., Скуратов Н.С., Сыпко М.Е. Стабилизация кальциевого режима черноземов.// Тез. докл. VIII Всесоюз. Съезда почвовед. Новосибирск, 1989. Кн 5. С. 54.
3. Мелихов В.В., Казакова Л.А. Комплексная мелиорация солонцовых почв //Земледелие, 2005, № 2, С. 8-9.
4. Михалев А.А. Мелиоративный кадастр. Мелиоративное состояние орошаемых и осушенных сельскохозяйственных угодий и техническое состояние оросительных систем по состоянию на 01.01.2004 г. Федеральное агенство по сельскому хозяйству. М., 2004 г., 35 с.
5. Ресурсосберегающие технологии мелиорации засоленных орошаемых земель при дождевании. Рекомендации / Морозова А.С., Болотин А.Г. и др. М.: МСХ, 1992, 40 с.
6. Хитров Н.Б. Генезис, диагностика, свойства и функционирование глинистых набухающих почв Центрального Предкавказья М, 2003, 504 с.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ СРЕДЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУЛЬТУР В СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСА МЕЛИОРАЦИЙ

В.Н. Зинковский, Т.С.Зинковская

ВНИИМЗ, Тверь, Россия

Комплексные мелиорации занимают одно из ведущих мест в адаптивно-ландшафтных системах земледелия при разработке оперативных (гибких) технологий управления продуктивностью возделываемых культур, основанных на регулировании основных почвенных режимов (водно-воздушного, пищевого, кислотного, теплового).

Технология оперативного управления агробиоценозами на мелиорируемых землях базируется на дифференцированном применении экологически обоснованных агромелиоративных приёмов, способных в процессе возделывания сельскохозяйственных культур обеспечить достаточно эффективное приближение к оптимуму параметров среды произрастания растений.

Основными видами мелиораций, используемых в целях оптимизации условий среды произрастания возделываемых культур, являются:

- водные (управление водным и воздушным режимами почв);
- земельные (регулирование условий питания растений, структурности и кислотности почв и улучшение степени пригодности земель для сельскохозяйственного использования);
- тепловые (регулирование теплового режима почв и растений).

Разработка комплексов мелиоративных мероприятий для оптимизации условий произрастания культурных растений на сельскохозяйственных полях конкретных хозяйств проводится на микроуровнях агроландшафтного районирования территорий, где нижним таксоном принимается условный выдел "агромикрорландшафт" (АМЛ), представляющий собой территориальный микрокомплекс, энергетические и геохимические параметры имеют однотипный характер.

По Карманову И.И., Булгакову Д.С., при большой пестроте почвенного покрова (несколько разных АМЛ на одном поле) используются градации агрономической совместимости, определяющие три основных типа структур почвенного покрова:

а) агрономически однородные (в составе одного поля, с одинаковыми комплексами и сроками проведения агротехнических и мелиоративных мероприятий);

б) агрономически неоднородные (в составе одного поля, небольшие различия в комплексах и сроках проведения агротехнических и мелиоративных мероприятий);

в) агрономически несовместимые участки по структуре почвенного покрова (требуют различных агротехнических и мелиоративных мероприятий, не

допускают проведения основных полевых работ в одинаковые сроки и их не следует включать в состав одного поля).

Разрабатываемый для каждого поля (севооборота, хозяйства) состав комплекса рекомендуемых мелиоративных мероприятий должен рассчитываться на максимально возможное (в производственных условиях) удовлетворение потребностей возделываемых культур в условиях среды. Величина положительного эффекта при оптимизации условий произрастания культурных растений определяется объёмом и качеством выполнения рекомендуемых мелиоративных мероприятий.

Одним из современных направлений оперативного управления продуктивностью агробиоценозов на мелиорируемых землях является создание автоматизированных гидромелиоративных систем (ГМС) многоцелевого использования, разработкой которых на протяжении многих лет детально и плодотворно занимался коллектив учёных ВНИИГиМ под руководством академика Б.Б.Шумакова.

Не вдаваясь в подробности этих исследований, следует отметить, что разработки в основном сориентированы на зону орошаемого земледелия, где на больших площадях технически совершенных оросительных систем применяется современная дождевальная техника, которой отдаётся преимущество в отношении многоцелевого использования. Именно при дождевании возможно нормированное выполнение таких операций, как внесение удобрений, химических мелиорантов, средств защиты растений, биопрепаратов, стимуляторов роста, дефолиантов и др. Дождевание, помимо своей основной оросительной функции, успешно применяется для борьбы с атмосферной засухой (мелкодисперсное дождевание), для устранения губительного действия заморозков.

Для природных условий гумидной зоны ГМС нового поколения прежде всего рассматриваются, как системы двустороннего регулирования водного режима в двух вариантах:

а) осушительно-увлажнительная – для малоуклонных площадей, когда закрытая дренажная сеть выполняет двойные функции: сброса и обратной подачи воды в дрены при поднятии её уровня в водоприёмнике;

б) осушительно-оросительная – более перспективная, когда на дренажную сеть накладывается система дождевания.

Но, поскольку в гумидной зоне по экономическим соображениям строительство крупных оросительных и осушительно-оросительных систем проблематично, для комплексного мелиоративного регулирования условий возделывания сельскохозяйственных культур необходимо применять целый ряд специальных (внесистемных) агромелиоративных приёмов, не входящих в функции гидромелиоративных систем.

Не случайно в последних разработках (Губер К.В., 2000), посвящённых созданию внутрихозяйственных дождевальных систем многоцелевого применения, для выполнения технологических процессов привлекается такое подразделение, как блок специальных обработок почвы

Это подразделение имеет сугубо мелиоративную направленность и его соответствующая переориентация на природные особенности гумидной зоны

позволяет рассматривать проблему комплексного мелиоративного регулирования условий произрастания культурных растений в соответствии с требованиями адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

В последнем случае данное подразделение должно включать три блока агромелиоративных мероприятий:

- приёмы управления агробиоценозами по блоку водных мелиораций;
- приёмы управления агробиоценозами по блоку земельных мелиораций;
- приёмы управления агробиоценозами по блоку тепловых мелиораций.

Блок водных мелиораций (рис. 1) решает задачи оптимизации водного и воздушного режимов почв, исходя из требования создания в корнеобитаемом слое нормального соотношения между содержанием продуктивной влаги и воздуха, которого в порах пахотного горизонта должно быть не менее 18 - 20% от их объёма. Это соотношение регулируется направленным (в сторону оптимизации) изменением показателей таких водно-физических свойств почв, как плотность и порозность аэрации.

Нечернозёмная зона характеризуется практически повсеместным преобладанием количества выпадающих атмосферных осадков над испаряемостью и в составе водных мелиораций приоритет принадлежит осушению. В то же время на территории зоны часты проявления засушливых периодов, что диктует необходимость строительства мелиоративных систем с двусторонним регулированием водного режима.

При отсутствии гидромелиоративных систем для оперативного регулирования водно-воздушного режима на периодически переувлажняемых почвах зоны рекомендуется применять специальные агромелиоративные приёмы, направленные на ускорение поверхностного стока и повышение инфильтрации почв (рис. 1). Эти приёмы позволяют целенаправленно регулировать следующие показатели:

| | |
|----------------------------------------|--------------------------------------|
| Объёмная масса почвы | Водопроницаемость почвы |
| Порозность общая | Порозность аэрации |
| Влажность почвы | Влагоёмкость почвы |
| Предельная полевая влагоёмкость | Запасы продуктивной влаги |
| Нормы осушения | Нормы орошения |
| Сроки проведения весенне-полевых работ | Продолжительность затопления посевов |

Основные требования к агромелиоративным мероприятиям, выполняемым по **блоку земельных мелиораций** (рис. 2), направлены на оптимизацию пищевого и кислотного режимов почв. В этом же блоке предусматривается применение почвозащитных (на эрозионно опасных участках) и оперативных культуртехнических мероприятий (локальное удаление кустарника, систематическая уборка камней).

По гумусу и основным элементам питания комплекс применяемых агротехнических и агромелиоративных мероприятий в минимуме должен обеспечивать бездефицитный баланс в почве органического вещества и компенсацию выноса с урожаем доступных соединений азота, фосфора и калия.

Структурная схема водных мелиораций

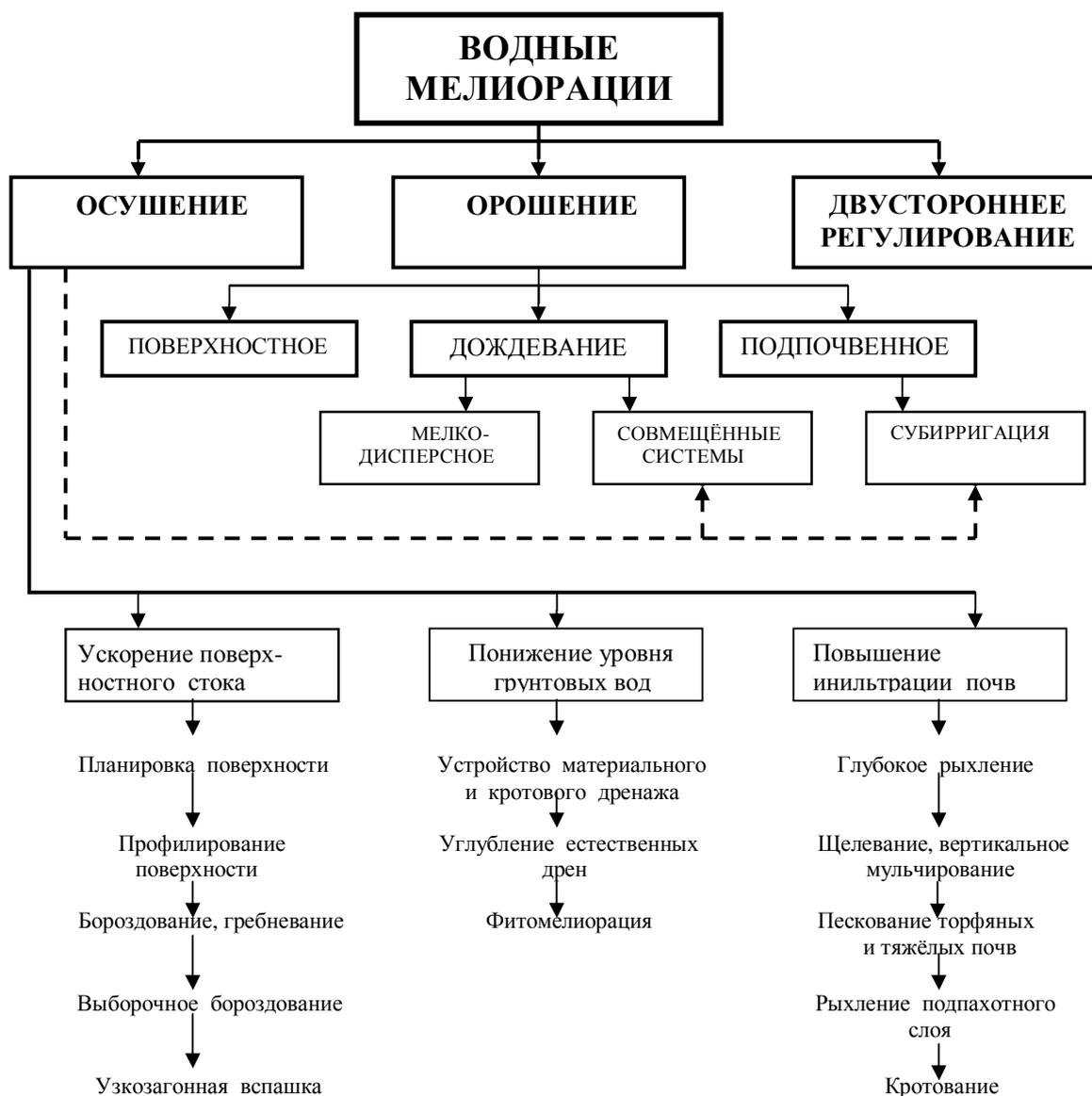


Рисунок 1 – Водные мелиорации

Реакция почвенного раствора (рН) регулируется в соответствии с биологическими требованиями возделываемых культур в зависимости от типа севооборота и гранулометрического состава почвы. Так, в севооборотах со льном и картофелем интервалы кислотности могут быть ниже, чем в зерновых и кормовых; на лёгких почвах растения лучше выдерживают низкую кислотность.

При существующей зависимости урожайности культур от мощности гумусового горизонта минеральных почв, на бедных почвах предусматривается увеличение мощности этого горизонта путем постепенного припахивания и окультуривания подпахотного слоя с внесением высоких доз органических удобрений, извести и др.

Структурная схема земельных мелиораций

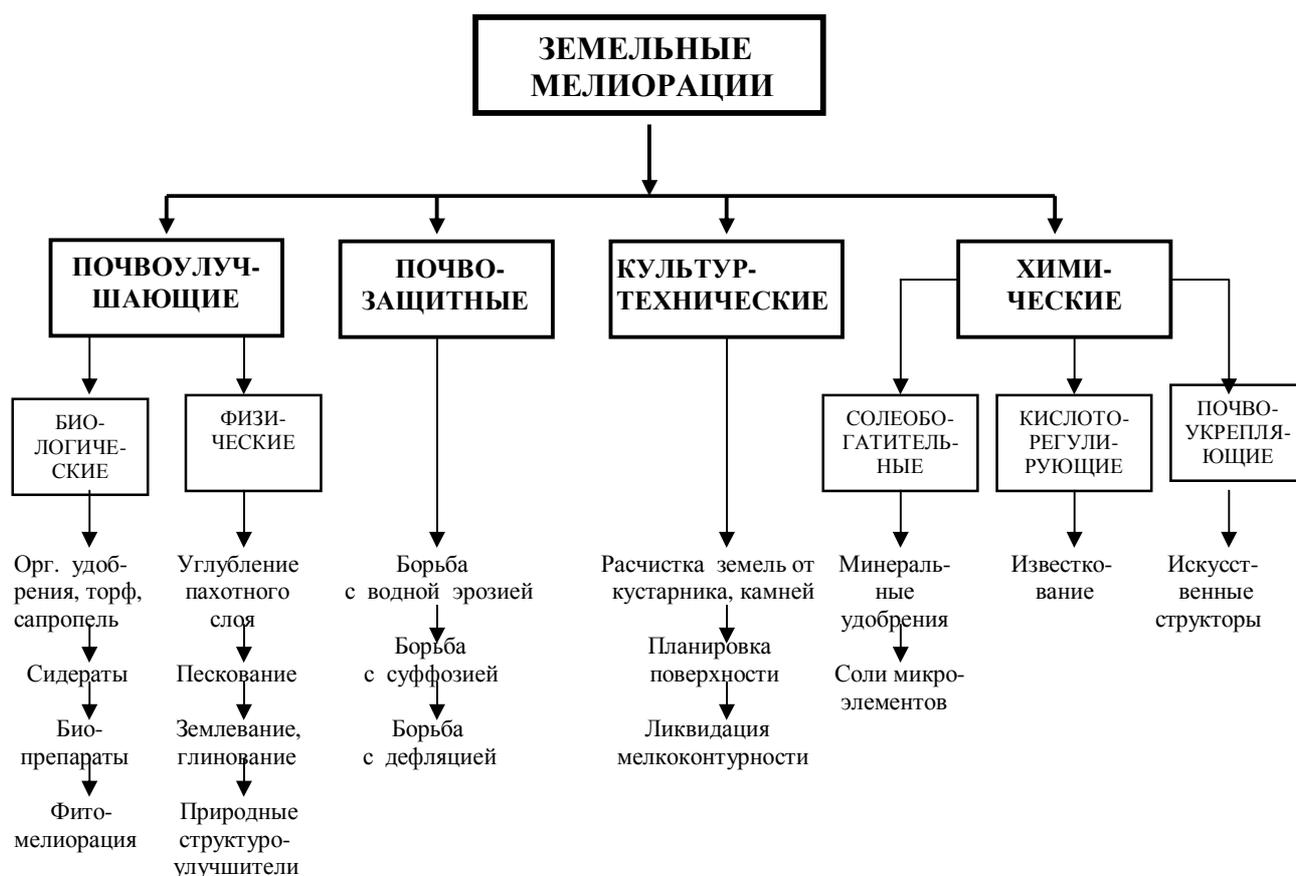


Рисунок 2 – Земельные мелиорации

Агрономически ценная структура почвы (и непосредственно зависящие от нее плотность и порозность), определяется наличием наиболее ценных для функционирования корневых систем водопрочных агрегатов (размером от 0,25 до 10 мм), для создания которых применяются различные почвоулучшающие приёмы.

Помимо оптимизации пищевого режима почв в системах земледелия большое значение имеет улучшение состояния пригодности земель для сельскохозяйственного использования, в связи с чем проводятся оперативные культуртехнические мероприятия по расчистке используемых площадей от камней, кустарника, кочек и ликвидации мелкоконтурности полей.

В целях сохранения и повышения устойчивости агроландшафта, в системах земледелия экологически и экономически необходимы почвозащитные мелиорации, ограничивающие интенсивность эрозионных и суффозионных процессов на сельскохозяйственных полях.

Таким образом, в структуре блока земельных мелиораций необходимо предусматривать почвозащитные, культуртехнические, почвоулучшающие и химические виды мелиораций с соответствующими агро-мелиоративными и агротехническими приёмами (рис. 2), обеспечивающими регулирование следующих почвенных и других показателей в системах земледелия:

Содержание гумуса
 Соотношение $C_{\text{гум}}:C_{\text{фул}}$
 Содержание NO_3 и NH_4
 Содержание P_2O_5
 Содержание K_2O
 Содержание CaCO_3
 Содержание микроэлементов

Реакция почвенного раствора
 Состояние ППК
 Состояние почвенной структуры
 Плотность почвы
 Мощность $A_{\text{пах}}$
 Микробиологическая активность
 Показатели качества продукции

Задачи регулирования теплового режима в системах земледелия Нечернозёмной зоны в определённой мере можно решать и использованием ряда приёмов, относящихся к блоку тепловых мелиораций (Рис. 3).

Структурная схема тепловых мелиораций

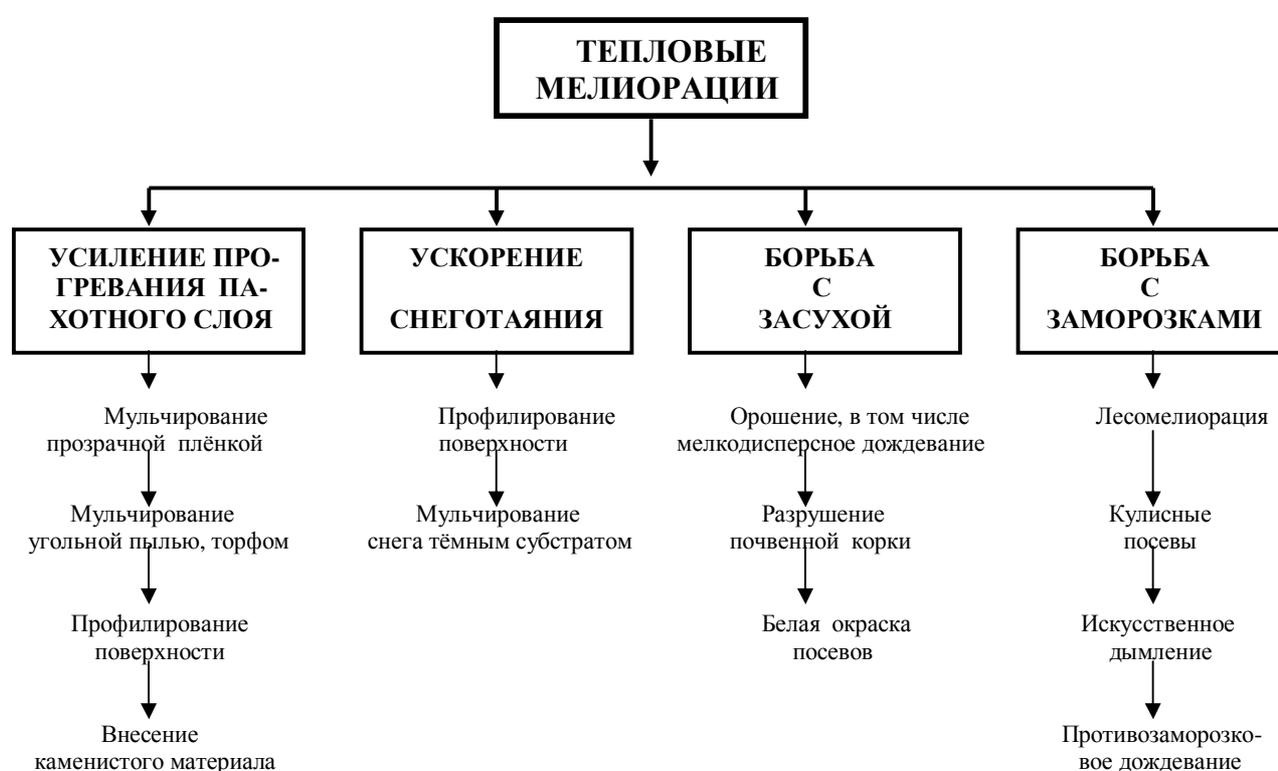


Рисунок 3 – Тепловые мелиорации

Обеспеченность посевов теплом в Нечернозёмной зоне является лимитирующим фактором при выращивании многих культур и сортов, однако реальные возможности регулирования теплового режима на больших площадях ограничены. Тем не менее, специальными приёмами обеспечивается возможно раннее проведение сельскохозяйственных работ в весенний период, увеличение притока тепла в почву в период вегетации; создаются условия для нормальной перезимовки озимых культур, уменьшается опасность повреждения растений заморозками и засухой.

Подбор возделываемых культур и их сортов должен проводиться в строгом соответствии с теплообеспеченностью (среднегодовой суммой активных температур) каждого региона. При этом должен планироваться определенный запас активных температур на вероятные отклонения от среднегодовых сумм.

При размещении культур на полях необходимо учитывать экспозицию склонов, особенности рельефа и механического состава почв. К примеру, на южных склонах сумма положительных температур на 50-80°C больше, чем на ровном месте, на северных склонах закономерность обратная; на верхних участках склонов созревание культур наступает на 3-8 дней раньше. На песчаных и супесчаных почвах сумма температур > 10°C на 200-350° больше, а на тяжелых на 100-200° меньше по сравнению со среднесуглинистыми почвами.

При регулировании теплового режима учитывается эффективность различных приемов мелиорации микроклимата посевов и почвы:

- кулисные посевы способствуют снегозадержанию зимой и повышению температуры на 2-3°C;
- грядование и гребневание посевов повышают температуру на 2-3°;
- прикатывание почвы повышает температуру в слое 0-5 см на 1-5°;
- мульчирование угольной пылью повышает температуру на 3-4° одновременно увеличением содержания нитратов, фосфора и кальция;
- мульчирование почвы светопрозрачной пленкой повышает температуру в слое до 10 см на 8-10°;
- дымление и перемешивание приземного слоя воздуха повышает его температуру на 1-4°;
- противозаморозковое дождевание эффективно даже при сильных заморозках с понижением температуры воздуха до - 5-7°C.

Одним из наиболее мощных регуляторов тепла на переувлажненных почвах является осушение, при котором, за счет уменьшения затрат тепла на испарение излишков влаги, температура осушенных территорий повышается в среднем на 3-5° по сравнению с прилегающими массивами.

Таким образом, блок тепловых мелиораций для управления тепловым режимом почв и посевов в системах земледелия в основном содержит четыре вида агрометеорологических мероприятий: ускорение снеготаяния, усиление прогревания пахотного слоя, борьбу с заморозками и борьбу с засухой.

Представленные на рис. 3 приёмы блока тепловых мелиораций в современных системах земледелия обеспечивают регулирование таких показателей, как:

| | |
|------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Сроки схода снежного покрова | Влажность почвы |
| Сроки сева | Температура листового аппарата |
| Температура почвы при посеве | Влажность воздуха в посевах |
| Температура почвы во время вегетации | Температура почвы под снегом (для озимых) |
| Продолжительность вегетационного периода | Высота снежного покрова |

Часть приёмов блока тепловых мелиораций присутствует и в составе блока водных мелиораций (дождевание, профилирование поверхности, бороздование, грядование), выполняет двойную мелиоративную функцию - регулирование как водно-воздушного, так и теплового режимов почвы.

В данной статье приведены агромелиоративные и другие приёмы, обычно отсутствующие в традиционных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. Система агромелиоративных мероприятий разрабатывается для каждого поля на весь период ротации севооборота согласно регулярно собираемой информации по мелиоративному состоянию каждого поля

В каждом севообороте при чередовании культур следует предусматривать «технологические окна», располагающие достаточным запасом времени для качественного проведения агромелиоративных приёмов и частичного ремонта дренажных систем. Для этих работ используются чистые (в период освоения осушаемых земель) и занятые однолетними травами пары (мелиоративно-паровые ремонтные поля), также поля, засеваемые культурами с коротким сроком вегетации (рапс, сурепица). Ещё используются поля с многолетними травами второго и последующих лет пользования после первого укоса и поля, идущие под летний посев многолетних трав. В качестве примера приводим один из типовых севооборотов с выделением полей, располагающих «технологическими окнами»:

- 1. Пар занятый (однолетние травы)**
2. Озимые зерновые + многолетние травы
3. Многолетние травы
- 4. Многолетние травы (один укос)**
5. Лён
6. Озимые зерновые
7. Яровые зерновые

В данном севообороте для таких приёмов, как глубокое рыхление, известкование, фосфоритование, внесение высоких доз органических удобрений достаточно их однократного проведения за ротацию; эксплуатационную планировку, особенно в качестве предпосевного выравнивания поверхности поля, следует проводить по мере появления микронеровностей, ухудшающих качество сева, создающих пестроту увлажнения поверхности полей и др. Также по мере необходимости проводится сбор камней, удаление кустарника, частичная засыпка «блюдец». Такие мероприятия, как узкозагонная вспашка, выборочное бороздование, гребневание, грядование легко вписываются в обычные агротехнические циклы работ на полях и, по мере надобности, могут применяться на всех полях севооборотов.

Правильно подобранные для конкретных природных условий комплексы агромелиоративных приёмов в разные по обеспеченности осадками и теплом годы дают возможность максимального приближения условий среды произрастания к биологическому оптимуму возделываемых культур и при всём разнообразии агроландшафтных особенностей сельскохозяйственных полей и угодий Нечернозёмной зоны позволят хозяйствам выходить на планируемые уровни получения продукции земледелия.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

Л.В.Кирейчева, О.Б.Хохлова, В.М.Яшин

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Повышение качества жизни - не только обеспечение населения необходимым количеством качественных продуктов питания и агросырья, а также сохранение и восстановление почвенного плодородия как национального богатства и стратегического ресурса страны. Для расширенного воспроизводства почвенного плодородия необходима целая система мероприятий, включающая внесение в почву органических и минеральных удобрений, применение микробных препаратов для ускорения переработки органических отходов и стимулирования процессов гумусообразования, агротехнические и мелиоративные приемы и т.д.

Во ВНИИГиМ разработана новая технология получения экологически безопасных, эффективных органо-минеральных удобрительно-мелиорирующих смесей на базе пресноводных сапропелей (УМС), адаптированных для конкретных почвенных условий при производстве экологически чистой продукции улучшенного качества. Удобрительно-мелиорирующие смеси обеспечивают формирование в почве коллоидной структуры, увеличение ППК и ЕКО, повышение сорбционных свойств, активизацию почвенной микрофлоры, а самое главное, стимулирование процессов гумусообразования. Удобрительно-мелиорирующие смеси созданы на базе карбонатного сапропеля, обработаны микробными препаратами, которые активизируют почвенную микрофлору, ускоряют процессы гумификации, обеспечивают расширенное воспроизводство почвенного плодородия и обезвреживание многих солей тяжелых металлов, особенно с переменной валентностью/2/.

Технология приготовления смеси включает следующие операции:

- подготовка сапропеля, как матрицы удобрительно-мелиорирующей смеси. Свежедобытый сапропель промораживается, затем высушивается до 10-15% весовой влажности и гранулируется, оптимальный размер гранул 1-2мм;
- специальная обработка подготовленного сапропеля для высвобождения потенциальной энергии. Сапропель и один из источников доступной органики (например, торф, древесные опилки или осадки сточных вод) в необходимом соотношении (3:1) помещаются в бурт, где производится механическое перемешивание смеси. Параллельно готовится раствор ЭМ-культуры из расчета 1 литр матричного раствора на 50 л воды, оптимальная температура раствора 24-25°C. Смесь обрабатывается раствором ЭМ-культуры из расчета 1 литр матричного раствора на 1 тонну смеси. Оптимальная влажность смеси после обработки раствором должна составлять не менее 60%, температура -22-24°C;
- процесс созревания. В течение одной-двух недель смесь созревает в бурте и вновь перемешивается. Затем на две недели смесь вновь оставляется

для компостирования. Температура смеси весь период созревания не должна превышать 30°C. При сильном разогреве смесь уплотняют.

Свежеприготовленная УМС имеет гомогенную структуру и темно-коричневую окраску. Она проявляет новые качества, не характерные для отдельных ингредиентов смеси: формирует коллоидную структуру почвы; увеличивает ППК и ЕКО; создает устойчивую буферную систему; повышает сорбционные свойства и активизирует почвенную микрофлору. Все это обеспечивает быстрое высвобождение энергии из сапропеля и стимулирует процесс гумусообразования в почве. УМС относится к органо-минеральным удобрениям длительного действия.

Для оценки эффективности использования удобрительно-мелиорирующих смесей совместно с к.с.-х.н. А.В.Ильинским /1/ были проведены специальные деляночные полевые опыты в 4-х кратной повторности на выщелоченных черноземах в Малинищах Рязанской обл. Под однолетние травы (викоовсяную смесь) осенью 2002 г. внесли чистый сапропель и УМС из расчета 10 т/га. На контроле вносили расчетные дозы минеральных удобрений. За первый год произошло резкое улучшение агрохимических свойств почв и увеличение урожайности более чем на 30% (табл.1).

Таблица 1 - Агрохимические свойства выщелоченного чернозема при различных вариантах опыта

| Вариант опыта | pH | Hr | S | P2O5 | K2O | Урожайность зеленой массы, т/га |
|---------------|------|------|------|------|------|---------------------------------|
| Контроль | 5,1 | 7,41 | 30,0 | 12,5 | 12,2 | 41,0 |
| Сапропель | 5,7 | 2,11 | 42,0 | 11,2 | 11,3 | 53,0 |
| УМС | 5,7 | 2,31 | 39,8 | 13,1 | 13,1 | 55,0 |
| РСР,05 | 0,21 | 0,35 | 2,0 | 1,1 | 1,1 | 2,0 |

Примечание: Hr – гидролитическая кислотность, моль/100 г; S – сумма поглощенных оснований, моль/100 г.

Последствие УМС и сапропеля сохранялось в течение 3-х лет (рис. 1), что подтверждает длительность действия и возможность внесения указанных органо-минеральных веществ один раз в 3 года.

В 2005г. на выработанных торфяниках Рязанской области на участке Тинки-2 совместно с сотрудниками Мещерского филиала (Ю.А.Томин, К.Н.Евсенкин) был заложен деляночный опыт. Высокое содержание песка в почве активизировало процессы минерализации органического вещества и привело к снижению энергетического потенциала исследуемой почвы и деградации. Характеристика почвы участка представлена в таблице 2.

Опыт закладывался в 3-х кратной повторности. Площадь делянки составляла 127,5м². Варианты опыта ВНИИГиМ: удобрительно-мелиорирующая смесь на основе торфа, пресноводного карбонатного сапропеля и культуры почвенных организмов (УМС), вермикомпост вносились из расчета 1кг/м² су-

хого вещества. Минеральные удобрения (опыт МФ) вносили из расчета: N₆₀P₆₀K₆₀, N₉₀P₉₀K₉₀, N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀.

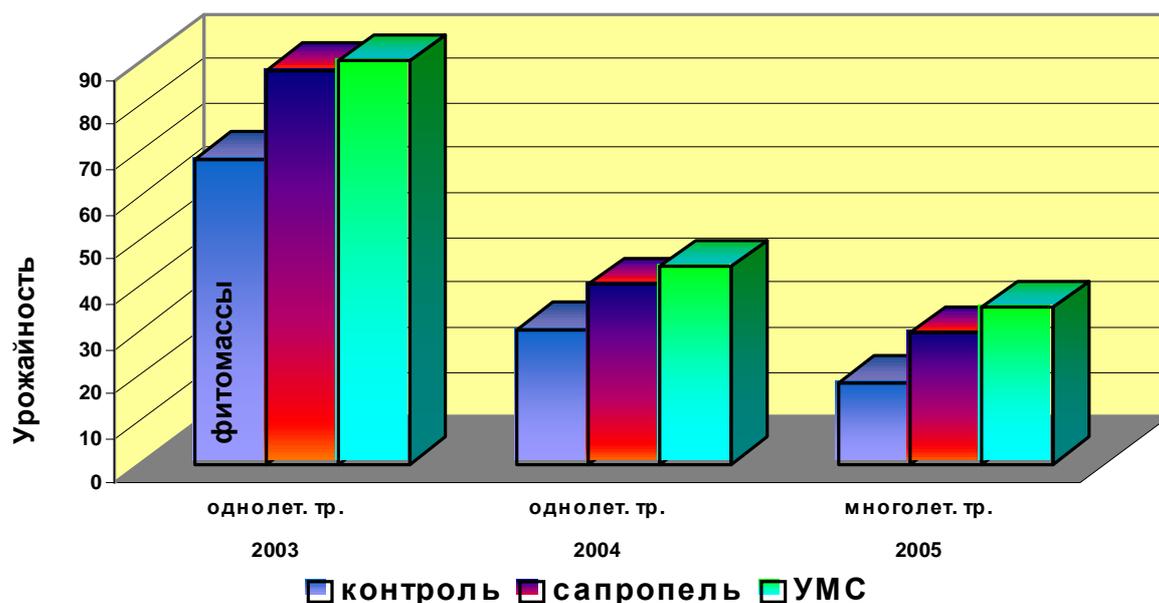


Рисунок 1 - Урожайность фитомассы однолетних и многолетних трав при использовании УМС по сравнению с контролем

Таблица 2 - Агрохимические показатели почвы на участке Тинки-2

| Гумус по Тюрину, % | Гидролитическая кислотность по Каппену, Мг/экв на 100г | Сумма поглощенных оснований, Мг/экв на 100г | Степень насыщенности основаниями, % | Азот общ., % | Фосфор подвижный По Кирсанову, мг/100г | Калий подвижный По Кирсанову, мг/100г |
|--------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|--------------|----------------------------------------|---------------------------------------|
| 5,9 | 12,1 | 0,61 | 47,1 | 0,365 | 16,8 | 18,6 |

Среднее значение из 3-х повторностей

По методике О.Б.Хохловой [3] был рассчитан биоэнергетический потенциал (БЭП) удобрительно-мелиорирующей смеси и вермикомпоста, который составил соответственно 6,33 и 9,55 МДж/кг. В конце вегетационного периода была определена продуктивность многолетних трав с подсевом ячменя и овса и агрохимические свойства торфяников (табл.3).

Таблица 3 - Влияние органических и минеральных удобрений на содержание гумуса в почве и урожайность фитомассы

| Вариант опыта | Гумус, (Сорг., %) | Урожайность фитомассы, т/га |
|----------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| Контроль: | | 11,5 |
| Весна | 7,1 | |
| осень | 5,5 | |
| УМС | 10,8 | 24,6 |
| Вермикомпост | 12,1 | 17,3 |
| N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ | 6,3 | 14,7 |
| N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ | 4,9 | 15,7 |
| N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ | 7,9 | 20,8 |

Из таблицы 3 видно, что наилучший эффект по урожайности достигнут при внесении в почву удобрительно-мелиорирующей смеси, прибавка урожая составила 114%. При внесении больших доз минеральных удобрений урожайность увеличилась на 81%, прибавка от вермикомпоста составила 50%. Для оценки изменения энергии почвенного гумуса на всех вариантах опыта был рассчитан БЭП почвенного гумуса и фитомассы урожая (табл.4).

Таблица 4. Влияние органических и минеральных удобрений на биоэнергетический потенциал почвенного гумуса и фитомассы на участке Тинки-2, 2005

| Варианты опыта | БЭП гумуса, ГДж/га | БЭП фитомассы, ГДж/га |
|----------------------------------------------------|--------------------|-----------------------|
| Контроль: весна, осень | 1980 1662 | 0 17,3 |
| УМС | 3271 | 36,9 |
| Вермикомпост | 3677 | 25,2 |
| N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ | 1909 | 22,1 |
| N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ | 1485 | 23,6 |
| N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ | 2422 | 28,2 |

Наибольшее количество энергии, аккумулированной в почвенном гумусе, приходится на варианты с внесением вермикомпоста и УМС, что позволяет сделать вывод о положительном почвообразовательном процессе. При значительных дозах внесения минеральных удобрений N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ снижения гумуса в почве практически не наблюдается. Однако требуется проведение дополнительных исследований, связанных с загрязнением почв биогенными веществами и ТМ.

Таким образом, при решении проблемы повышения плодородия деградированных почв и получения экологически чистой продукции предлагается в сельскохозяйственной практике применять специальные удобрительно-мелиорирующие смеси, обеспечивающие, наряду с прибавкой урожайности, расширенное воспроизводство почвенного плодородия.

Литература

1. Ильинский А.В. Автореферат дис. к.с.-х.н. Очистка и детоксикация оподзоленных и выщелоченных черноземов, загрязненных тяжелыми металлами М.2003 с.25
2. Кирейчева Л.В., Хохлова О.Б. Повышение плодородия почв на основе внесения сапропелей //Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук, 2005, №5, с.37-40
3. Хохлова О.Б. Восстановление малопродуктивных земель с использованием удобрительно-мелиорирующих смесей.- Мелиорация и окружающая среда, Юбилейный сборник научных трудов ВНИИГиМ М.2004, т. 2.

ТЕХНОЛОГИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ

Ю.С. Пунинский, В.Ю. Пунинский

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Технология предназначена для предотвращения и ликвидации антропогенного загрязнения агроландшафтов, регулирования режимов комплексной мелиорации, создания благоприятных условий для развития корневой системы растений и почвенной биоты, обеспечения устойчивого сельскохозяйственного производства с получением растениеводческой продукции необходимого количества и качества, восстановления плодородия и улучшения свойств почв.

Биологическая мелиорация – система мероприятий по созданию в почве биологически активного слоя (БАВС) и повышению плодородия почв путем коренного улучшения их водно-физических, агрохимических и биологических свойств на основе управляемых режимов комплексной мелиорации.

Комплекс агробиомелиоративных мероприятий при необходимости включает: известкование; гипсование; фосфоритование; внесение органоминеральных биологически активных удобрительных смесей (ОМБАУС), микроэлементов и сорбентов; предпосевную обработку почвы; залужение или посев культур-освоителей, инокулированных штаммами азотфиксирующих микроорганизмов и обработанных стимуляторами роста растений; орошение в режиме освежительных поливов малыми нормами с аэрозольным доувлажнением, биологические методы борьбы с болезнями и вредителями растений.

Помимо традиционных агротехнических приемов при проведении биомелиорации предварительно разуплотняют почву глубокой обработкой для повышения ее воздухоемкости; при создании БАВС в качестве основного удобрения вносят ОМБАУС; посевной материал обрабатывают стимулятором роста растений – оксидатом гумата торфа; проводят инокуляцию семян штаммами азотфиксирующих микроорганизмов; орошение посевов в режиме освежительных поливов малыми нормами осуществляют в утренние и вечерние часы суток.

Биологически активная удобрительная смесь содержит весь комплекс питательных элементов, необходимых для роста и развития растений. Массовая доля влаги составляет в ОМБАУС не более 65-70%, зольность не более 23%, кислотность рН находится в пределах 5,2-6,8%, содержание в 100 г сухого вещества фосфора P_2O_5 - 0,2-0,4%, K_2O – 0,15-0,25%, биологическая активность на нитратный азот составляет не менее 20 мг в 100 г сухого вещества.

Возможны две технологические схемы применения биологически активных удобрительных смесей – с приготовлением и внесением в почву слоем от 10 до 30 см (в зависимости от целевой функции) сухой смеси или в виде готовых блоков промышленного приготовления. Для создания биологически активного водорегулирующего слоя в песчаных и супесчаных почвах готовится смесь на основе растительных остатков и глины с монтмориллонитовой

добавкой с соотношением соответственно компонентов, об. %: 50:45-48:2-5 (а.с.1555347). При наличии торфа, с целью повышения эффективности биомелиорации и повышения плодородия почвы путем активизации в ней микробиологических процессов, в состав смеси вводят азотфиксирующие микроорганизмы при следующем соотношении компонентов, об. %: торф 50%, глина 18-24, монтмориллонит 6-12, растительные остатки 9,85-9,92, азотфиксирующие микроорганизмы 0,08-0,15 (Патент РФ 1758066). На глинистых и суглинистых почвах для устройства БАВС рекомендуется состав смеси, содержащей 60% микропарниковой торфяной смеси, 30% монтмориллонитовых глин, от 9,85 до 9,92% растительных остатков и от 0,08 до 0,15% азотфиксирующих микроорганизмов и стимуляторов роста растений (Патент РФ 2125583).

Совокупность принципов, методов и форм управления биологическим режимом на базе модульных блоков моделей агробиоценоза, оросительной сети, почвенных процессов и продукционного процесса сельскохозяйственных культур позволяет регулировать уровень продуктивности агробиоценоза в конкретных природных и экономических условиях, создать гибкий технологический комплекс управления, предусматривающий возможность создания сложной системы из практически неограниченного числа автономных модулей, способных решать только одну-две задачи или выполнять ограниченное число функций.

Концептуальный подход к разработке биомелиоративных методов и технологий окультуривания и восстановления плодородия почв, учитывающий применение научно обоснованных севооборотов, взаимосвязь агротехнических и биомелиоративных мероприятий с региональной специализацией сельскохозяйственного производства, получением требуемого объема и качества сельскохозяйственной продукции, уровнем плодородия почвы и стабильностью всей агроэкосистемы можно представить в виде обобщенной морфологической схемы факторов формирования урожая и сохранения экологически безопасной обстановки в регионе, представленной на рисунке 1.

Адаптивный комплекс агробиомероприятий для практической реализации, может быть представлен в виде типового технологического процесса, состоящего из совокупности традиционных агротехнических приемов и методов биомелиорации почв. В качестве примера представлен алгоритм технологического процесса инженерной биомелиорации применительно к перезалужению многолетнего орошаемого пастбища, состоящий из ряда конкретных агробиомелиоративных мероприятий:

- традиционный агротехнический прием дискования травяного покрова, проводится вдоль и поперек поля с помощью борон БПК-3, БДТ-3, БДТ-7;
- традиционное мероприятие – вспашку на глубину пахотного слоя осуществляют через 10-14 дней после дискования плугами ПЛН-4-3,5 или ПЛН-3-3,5;
- для принятия решения о необходимости проведения земельной мелиорации определяются водно-физические свойства почвы и ее агрегатное состояние, устанавливается способ земельной мелиорации – мелиоративная вспашка, глубокое рыхление, кротование, щелевание и др.;

- проведение химической мелиорации (известкование, гипсование) устанавливается на основании химических анализов почвы и солеустойчивости высеваемых травосмесей и реализуется путем внесения химвелиорантов расчетной нормой с помощью машин КСА-3, АРУП-8, РУМ-8 при скорости ветра не превышающей 4-5 м/с;

- традиционный прием – дискование в два-три прохода осуществляют тяжелыми боронами БДТ-7, БДТ-3;

- боронование почвы, проводимое перед внесением минеральных удобрений для сохранения их равномерного распределения в верхнем слое почвы, проводится при влажности верхнего слоя почвы не более 80 % НВ боронами БЗСС-1,0, БЗТС-1;

- выравнивание поверхности почвы выполняется с помощью планировщиков П-2,8, ПА-3, П-4А. Поверхность считается ровной, если на участке длиной 3-4 м нет понижений глубже 4-5 см;

- для восстановления капиллярного поднятия влаги, предупреждения иссушения поверхностного слоя и улучшения водно-воздушного режима почву после разделки пласта прикатывают;

- оценка потребности в минеральных удобрениях определяется на основе химического анализа почвы. Расчеты ведутся под планируемую урожайность с учетом внесения биомелиорантов, позволяющих сократить норму внесения минерального азота в 2-3 раза или вообще его не вносить. Внесение минеральных удобрений осуществляется с помощью машин РУМ-8, РУП-8;

- практическим методом оценки потребности в биомелиорации является оценка возможности запахивания растительных остатков, внесения органоминеральных биологически активных удобрительных смесей ОМБАУС, устройства биологически активной водорегулирующей прослойки в почве БАВС; применения азотфиксирующих штаммов микроорганизмов и стимуляторов роста растений; инокуляции посевного материала азотфиксаторами и обработки его стимуляторами роста растений на машине ПС-10 без прямого солнечного воздействия;

- решение на внесение микроэлементов (цинк, бор, молибден, кобальт) принимается на основании оценки потребности в них растений, повышения биологической активности почвенных микроорганизмов и улучшения качества кормов;

- посев подобранных составов травосмесей с учетом типа почвы, режима естественного и искусственного увлажнения, интенсивности применения минеральных удобрений, осуществляется сеялками СЗТ-3,6, СЛГ-3,6, СЗЛ=3,6 в благоприятный срок посева, определяемый спелостью почвы.

- определяют необходимость прикатывания почвы для закрепления ее поверхности после сева и улучшения условий последующего развития всходов;

- необходимость водной мелиорации почвы определяет способ орошения для проведения послепосевного и вегетационных поливов;

- мероприятия по уборке урожая назначают в зависимости от целевой функции использования травы (на зеленую массу, сено или стравливание) в за-

висимости от года использования окультуриваемого участка и производственных потребностей в кормах.

- управление режимами инженерной биомелиорации в процессе ведения агроэкологического мониторинга проводится на основании поступающей в информационно-управляющую систему контрольной информации о влажности почвы и необходимости в назначении поливов; состоянии питательного режима почвы; нитрогеназной активности корней растений и биологической активности почвенной биоты, при малых величинах которых возможно повторное внесение биопрепаратов для активизации жизнедеятельности микроорганизмов; показателе кислотности почвы, при сильном снижении которой возможно повторное известкование или внесение гипса при угрозе засоления почвы; состоянии травостоя – при сильно изреженных посевах возможен дополнительный подсев трав.

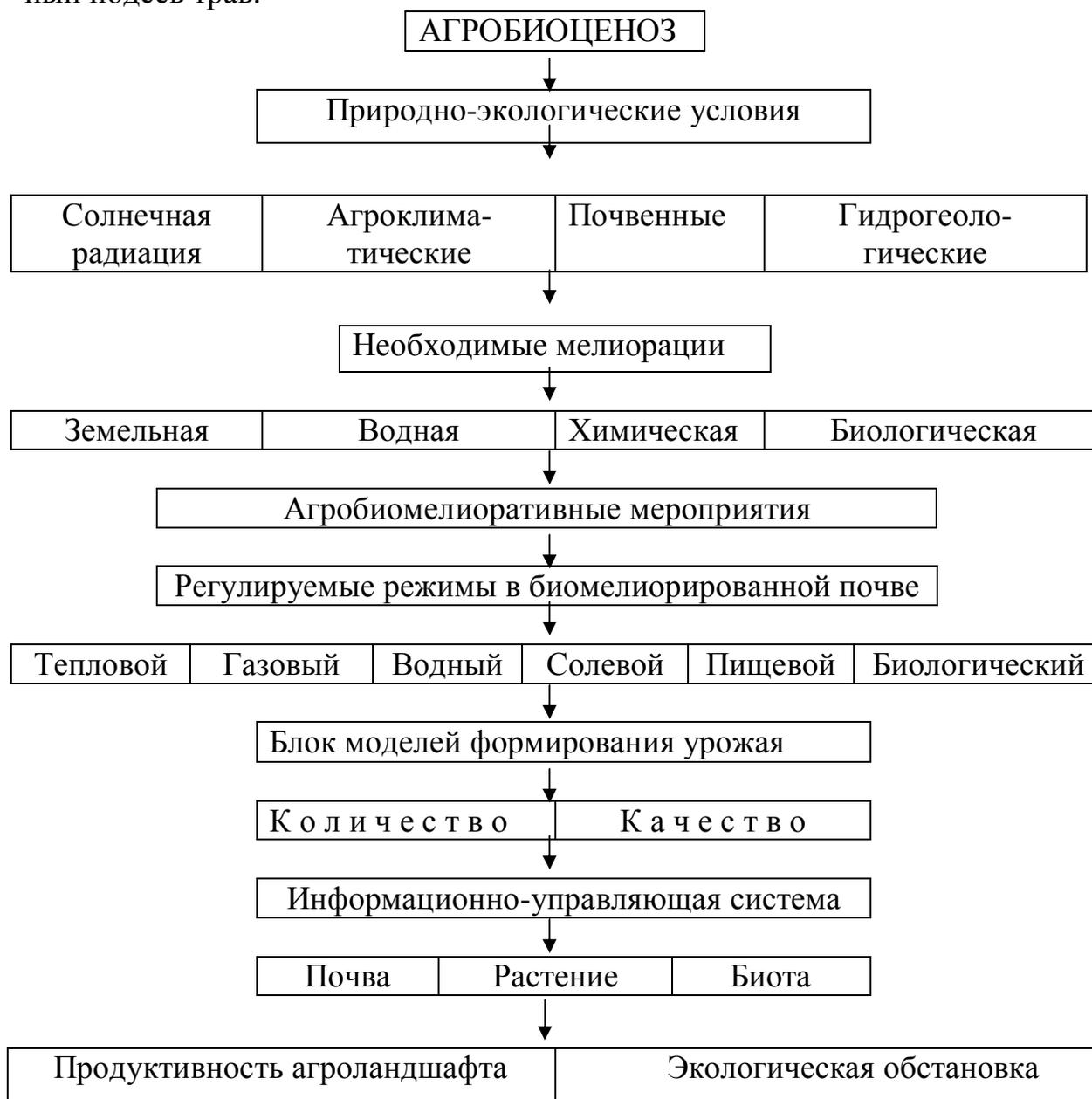


Рисунок 1 - Морфологическая схема управления факторами формирования урожая

Таким образом, за счет проведения принятой последовательности агробиомелиоративных операций, определяемых с применением расчетных методов на основе агрохимических и водно-физических анализов почвы, критериев оценки и классификаций, технологический процесс и управление мелиоративным режимом при перезалужении орошаемого многолетнего пастбища обеспечивает необходимый уровень ведения земледелия в современных условиях и защиту окружающей среды от негативных последствий, возможных при мелиорации.

Апробация отдельных элементов новой технологии инженерной биомелиорации и технических средств для ее осуществления в различных природно-климатических и хозяйственных условиях позволила определить возможность использования единой методики назначения агробиомелиоративных мероприятий по созданию в почве комфортных условий для развития корневой массы растений и жизнедеятельности микроорганизмов на загрязненных агроландшафтах. Однако, специфичные условия региона, тип почвы, состав загрязнителей и уровень применяемой в хозяйствах агротехники требуют корректировки технологического процесса, учитывающей эти особенности и возможности реализации устройства БАВС в каждом отдельном случае.

Технологический комплекс, рекомендуемый для выполнения операций Федеральным регистром базовых и зональных технологий и технических средств до 2010 г., представлен в таблице 1 в виде адаптеров технологических модулей применительно к связным и песчаным почвам.

Таблица 1 - Адаптеры технологических модулей типизированных технологий для биомелиоративных работ

| Технологические блоки (операции) | Параметры условий объекта и ресурсного (технического) обеспечения | |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 2 | |
| | Номер технологического модуля | |
| | 3.1.1 | 3.1.2. |
| | Вариант технологического модуля (технологического адаптера) Тип почвы | |
| | Глинистая и суглинистая | Песчаная и супесчаная |
| | Комплекс мелиораций | |
| | Земельная, химическая, водная, биологическая | Земельная, водная, биологическая |
| | Способ орошения | |
| | Поверхностный, дождевание, внутрипочвенный | Дождевание, внутрипочвенный |
| | Ареал применения | |
| | Вся территория РФ | Вся территория РФ |

| 1 | 2 | |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| | Номер агроландшафта | |
| | 1.1-1.8; 2.1...2.9; 3.1...3,6; 4,1...4,7; 5,1...5,4; 7,1...7,5 | 1.4-1.5; 2.3...2.4; 2,9; 3.3...3.4 4,7; 7.5 |
| Предварительная обработка почвы | Борона дисковая тяжелая БДТ-3, БДТ-7 | Борона дисковая тяжелая БДТ-3, БДТ-7 |
| Вспашка почвы | Плуг ПБН-3-50; ПТН-3-40 | ПЛН-4-35; ПЛН-3-35 |
| Мелиоративная обработка почвы | Рыхлитель трех стоечный РВ-0,8; РС-0,8; РСН-2,9; РС-1,5. Щелерезы ЩН-2-140; ЩРК-0.6 | Рыхлитель РС-0,8; РВ-0,8. Щелерезы ЩН-2-140; ЩРК-0,6 |
| Внесение химмелиорантов | Разбрасыватели РУМ-8; АРУП-8; РУП-8 | |
| Внесение минеральных удобрений | Разбрасыватели 1РМГ-4; РУМ-8; РУП-8 | Разбрасыватели 1РМГ-4; РУМ-8; РУП-8 |
| Внесение ОМБАУС | Самосвалы КраЗ-6510; МАЗ-5551 и др. Бульдозеры кл. 3...10 | Самосвалы КраЗ-6510; МАЗ-5531 и др. Бульдозеры кл. 3...10 |
| Дискование в два-три следа или фрезерование в один след | Тяжелые дисковые бороны БДТ-3,0; БДН-3,0. Фреза (новая) ФБН-1,5 | Тяжелые дисковые бороны БДТ-3,0; БДН-3,0. Фреза (новая) ФБН-1,5 |
| Предпосевная обработка семян (инокуляция, микроудобрения, стимуляторы роста) | Протравливатель семян ПС-10 | Протравливатель семян ПС-10 |
| Посев с прикатыванием | Сеялки СЗТ-3,6А; СПР-6 Сеялка с пневмовысевом (новая) | Сеялки СЗТ-3,6А; СПР-6; ССТ-3 Сеялка с пневмовысевом (новая) |
| Увлажнительный и вегетационные поливы | Многофункциональные дождевальные машины; ППА-300; сифоны-водовыпуски; трубки-сифоны; самотек; капельницы; микропористые трубки | Многофункциональные дождевальные машины; капельницы; микропористые трубки |

Реализация метода инженерной биомелиорации проведена в различных природно-климатических и хозяйственных условиях на пустынных песчаных и сероземно-луговых почвах аридной зоны, южных черноземах, дерново-подзолистых почвах, деградированных городских и искусственной почве в теплице. Создание в почве биологически активной водорегулирующей прослойки позволяет отказаться от применения химических средств защиты растений от

болезней и вредителей, являющихся загрязнителями почвенного покрова, заменив их биологическими методами; в 1,5...2 раза снизить расход воды на единицу производимой продукции; обеспечить защиту окружающей среды от негативных последствий, возможных при мелиорации. Комплексное проведение земельной, химической и биологической мелиораций позволяют довести до оптимального процентное соотношение в деградированной почве твердой, жидкой и газообразной фаз; создать в ней благоприятные окислительно-восстановительные условия для развития биологических процессов; ускорить процесс формирования урожая сельскохозяйственных культур; в два-три раза сократить норму внесения минеральных удобрений, загрязняющих окружающую среду.

Введение в мелиоративную практику биологических методов воздействия на почвенный комплекс существенно расширяет диапазон регулирования факторов жизни растений. Появляется возможность с помощью комбинации мелиоративных мероприятий дифференцировать поглощение питательных веществ в течение времени, ограниченного сроком вегетации; проводить ускоренные рекультивации загрязненных и обедненных почв; задерживать или ускорять выход из почвы радионуклидов, солей тяжелых металлов и других, техногенных загрязнителей; получать экологически безопасную сельскохозяйственную продукцию при экономии водных, питательных и социально-экологических ресурсов.

УДК 631.6:577.4

ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Н.П. Карпенко, Л.В. Кирейчева, Д.А. Манукьян, В.М. Яшин
ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Настоящее время характеризуется увеличением числа потенциальных источников загрязнения, которые создают неблагоприятные экологические ситуации как регионального, так и локального уровня. Особого внимания заслуживают вопросы мелиорации загрязненных территорий, где, прежде всего, оказываются пораженными почвы. Среди основных источников загрязнения особую опасность представляют очаги накопления твердых бытовых и промышленных отходов (ТБО).

Для реализации программы мелиоративных мероприятий необходима разработка обоснованных рекомендаций по очистке загрязненных почв, основанных на результатах моделирования и лабораторных исследований. Ключевым вопросом является перевод загрязнителя из нерастворимых неподвижных форм в подвижные, которые можно удалить в процессе проведения мелиораций.

Решение поставленной задачи представляется возможным при проведении специальных исследований по изучению загрязнения почв, проведению лабораторных исследований миграции и трансформации загрязняющих веществ на монолитах, выполнению моделирования процессов очистки почв от загрязнений, определению форм содержания металлов в почве.

Наиболее эффективным средством для очистки загрязненных земель является промывка с применением специальных химелиорантов. Поэтому весьма важно подобрать такие реагенты, которые бы выводили из почвы нерастворимые загрязнители.

В качестве объекта исследований была выбрана пойма р.Пахры в зоне влияния полигона твердых бытовых отходов «Щербинка» Московской области. Исследования показали наличие загрязнения почв поймы тяжелыми металлами, превышающими ПДК в несколько раз (табл.1).

Таблица 1 - Результаты анализа содержания тяжелых металлов в почвах поймы р. Пахры

| Элемент | <i>Zn</i> | | <i>Cr</i> | <i>Ni</i> | <i>V</i> | <i>Zr</i> |
|--------------------------------------|-----------|------|-----------|-----------|----------|-----------|
| ПДК | 100 | 30 | 100 | 50 | 50 | 300 |
| Диапазон содержания элемента, мкг/кг | 43-3270 | 5-55 | 64-160 | 28-65 | 20-100 | 289-650 |

Было установлено, что основным механизмом выноса загрязнений из свалки является вымывание токсикантов поверхностным стоком, почвенными и грунтовыми водами. Негативное воздействие полигона проявилось непосредственно в пойме реки Пахры, территория которой используется под посевы сельскохозяйственных культур (кукуруза), в которых также было обнаружено повышенное содержание тяжелых металлов (табл.2).

Таблица 2 - Содержание химических элементов в кукурузе

| | Концентрации химических элементов, мг/кг | | | | | | | | | |
|---------------------------------|------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | <i>Ni</i> | <i>Cu</i> | <i>Zn</i> | <i>Pb</i> | <i>Cr</i> | <i>Nb</i> | <i>Mo</i> | <i>Sr</i> | <i>Fe</i> | <i>Mn</i> |
| В золе кукурузы | 40 | 23 | 88 | 15 | 69 | 14 | 4 | 200 | 21300 | 627 |
| В перерасчете на сухое вещество | 6 | 3,4 | 13,2 | 2,2 | 10,4 | 2,1 | 0,6 | 30 | 3195 | 94 |
| ПДК | 1 | 40 | 50 | 3 | 1 | - | 4 | 10 | 250 | 1000 |
| Превышение ПДК, раз | 6 | - | - | - | 10 | - | - | 3 | 13 | - |

В сложившихся критических условиях на рассматриваемой территории возникла острая необходимость проведения мероприятий по очистке поймы от загрязнений и восстановлению их плодородия.

Для моделирования процессов кинетики и физико-химической гидродинамики при проведении промывки почв была использована модель равновесного химического состава (компьютерная программа Шварова Ю.В. «*GIBBS*»), основанная на принципе минимальности термодинамического потенциала и позволяющая рассчитывать равновесные составы с подвижными компонентами, которая позволила определить состав всех фаз системы и поведение компонентов при изменении внешних условий.

В процессе моделирования рассчитывались варианты, при которых были выбраны гипотетические твердые фазы (минералы). Рост концентрации микрокомпонентов в растворе для ускорения промывки предполагалось вызывать увеличением ионной силы раствора или уменьшением величины *pH*, т.е. созданием кислой среды, для чего в раствор добавляли *CaCl₂*, *NaCl* или *HCl*.

Результаты моделирования показали, что добавление этих мелиорантов переводят в раствор *Cu*, *Ni*, *Pb*, *Sr*, *Co*, *Zn*. Удовлетворительные результаты по удалению тяжелых металлов из твердой фазы в жидкую (до значений ПДК в почве) удалось получить добавлением в систему соляной кислоты концентрации 0,05 моль/л или хлорида кальция 0,1 моль/л.

Результаты моделирования были сопоставлены с результатами промывок монолитов, проведенных в лабораторных условиях. Отбор монолитов осуществлялся в специальных шурфах в металлические кольца диаметром 14,5 см и высотой 20 см. Монолиты отбирались из трех горизонтов (0 – 40, 65-90 и 110-140 см) с различным литологическим строением. Перед проведением опытов нижний торец зачищался под уровень нижней кромки цилиндра, а в верхней части цилиндра отбиралось некоторое количество грунта (высотой 2-3 см), поверхность выравнивалась, и на нее последовательно укладывался геотекстиль и песчано-гравийная смесь.

Подготовленный монолит устанавливался в специальный поддон, выполненный из оргстекла и имеющий выводной патрубков и дренажный слой, состоящий из геотекстиля и песчано-гравийной смеси. Для исключения протечки воды пространство между стенками металлического кольца и поддона тщательно гидроизолировалось. Промывка монолитов осуществлялась речной водой, отобранной из р.Пахры, а последовательность проведения опытов заключалась в следующем:

- вначале верхняя емкость заполнялась водой, объем которой замерялся, и фиксировалось время начала опыта;
- для поддержания определенного слоя воды 2-3 см на специальную подставку устанавливался питающий сосуд, а монолит сверху закрывался пленкой для предотвращения испарения воды;
- в дальнейшем осуществлялся систематический контроль динамики профильтровавшейся жидкости с помощью мерного цилиндра, изменения температуры фильтрата и его электропроводности, а также отбор проб фильтрата на химический анализ;
- для интенсификации процессов влаго- и солепереноса в случаях, когда фильтрация в значительной степени замедлялась или прекращалась полностью,

осуществлялось вакуумирование монолита путем создания вакуума в буферной емкости, подсоединенной в выводному патрубку.

Частота отбора проб фильтрата (объемом 150-200 мл) определялась необходимостью получения достоверных «выходных» кривых изменений химического состава фильтрата. Априорно она устанавливалась в точках фильтрата 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5 и далее через 0,5 объема одного порового пространства монолита. Емкость порового пространства монолита ориентировочно составляла 1,3 л.

Внесение мелиорантов в процессе опыта осуществлялось двумя способами. В первом случае мелиорант (глинозем + цеолит + сапропель) в виде порошка перемешивался с почвой и для этого из обоймы извлекался верхний 7-10 см слой почвы, перемешивался с сухим мелиорантом и полученная смесь укладывалась обратно. Во втором случае мелиорант (нитроаммофос) вносили в виде взвеси или раствора непосредственно в промывную воду в процессе проведения промывки.

Цель внесения мелиоранта состояла в улучшении фильтрационной способности грунта за счет структурообразующего действия и интенсификации выноса минеральных солей для ускорения проведения промывки путем снижения *pH* раствора, так как подвижность таких элементов как *Cu*, *Sr*, *Zn* наибольшая в кислых почвах.

В процессе опытов фиксировалось изменение скорости фильтрации грунта и выноса минеральных солей до и после внесения мелиоранта, а по результатам изменения устанавливалась эффективность и доза внесения мелиоранта.

Необходимость внесения химмелиоранта диктовалась тем, что на каком-то этапе промывка прекращалась или ее эффективность резко снижалась; при этом уменьшалась и солеотдача грунтов. В процессе исследований было установлено, что внесение 20 г химмелиоранта на 4,0-4,5 кг грунта позволяет увеличить коэффициент фильтрации на 25-50%. Вместе с тем в значительной степени увеличивалась и солеотдача грунтов, что способствовало повышению эффективности проведения промывок.

Динамика выноса тяжелых металлов для различных монолитов приведена на рисунках 1-2.

Результаты проведения промывки монолитов в почвах отложений р.Пахры показали эффективность выноса тяжелых металлов. Так, содержание ионов цинка снизилось на 40%, никеля – на 38%; меди на 37%; свинца – на 32%, хрома – на 23%; циркония – на 21% и ниобия – на 9%. По данным промывок были составлен ряд подвижности элементов для ТБО «Щербинка»:



Выполненные исследования явились обоснованием для разработки рекомендаций по эффективности очистки почв от токсичных элементов до требуемых показателей. Это подтвердило и проведенное моделирование по модели равновесной химической термодинамики. Следует отметить, что эффективность предлагаемых мероприятий будет достигнута в том случае, если пойма будет изолирована от негативного воздействия полигона путем ликвидации поверхностного смыва и перехвата подземных вод.

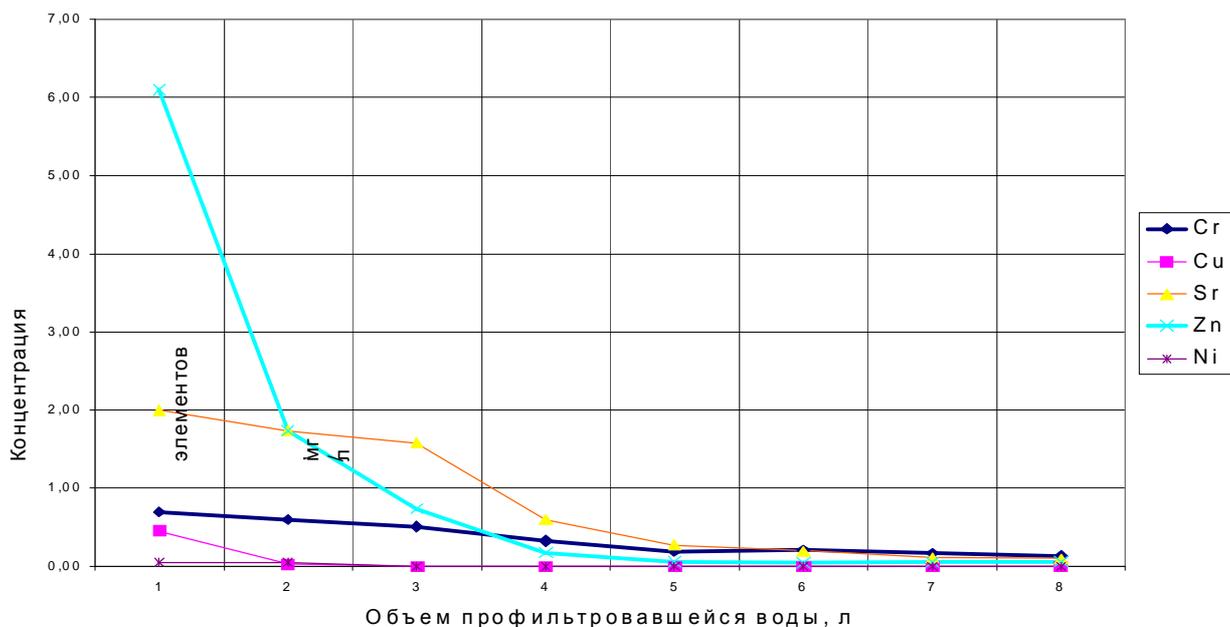


Рисунок 1 - Динамика тяжелых металлов в фильтратах при промывке монолита 11 с гл.0,3 м после внесения химмелиорантов

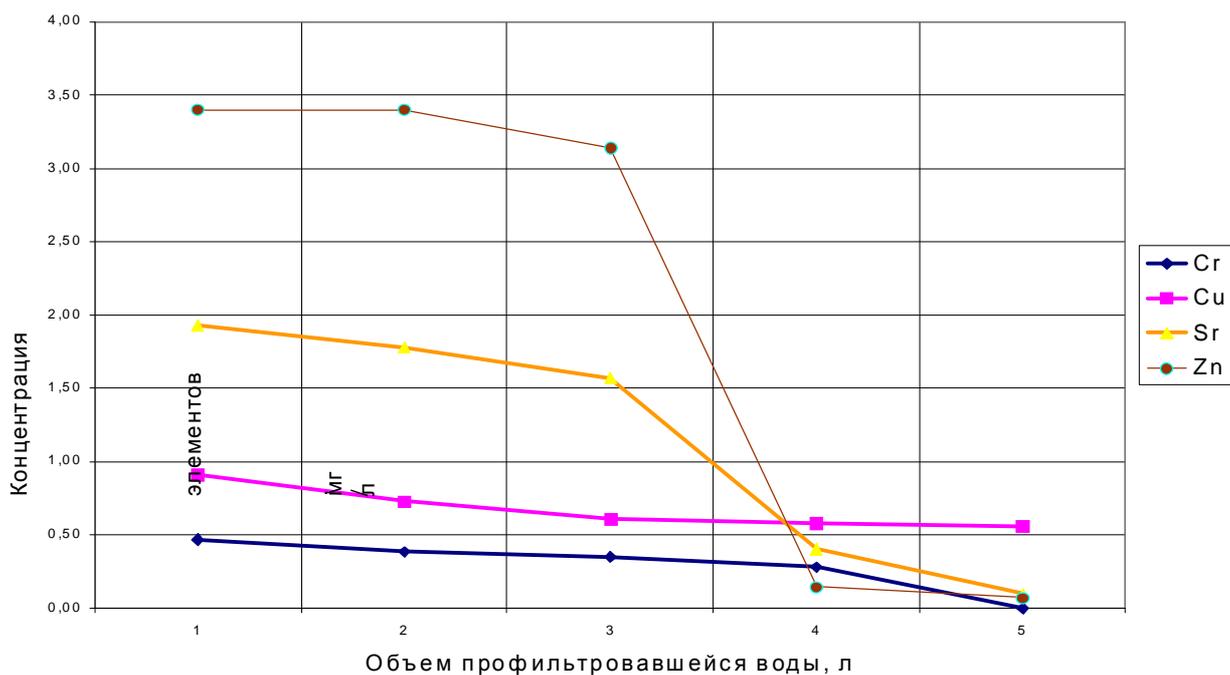


Рисунок 2 - Динамика тяжелых металлов в фильтратах при промывке монолита 5 (гл.1,2 м) после внесения химмелиорантов

Расчеты показали, что очистку пойменных отложений возможно осуществить путем промывки и подачи воды в объеме 14-15,5 тыс. м³/га (нетто), время проведения промывки составит 30 суток. Общий объем необходимой водоподдачи составит 90-100 тыс. м³ при средней минерализации дренажных вод 3-4 г/л.

Для повышения эффективности проведения промывки до подачи воды на поле рекомендуется проведение глубокой вспашки или рыхления на глубину до 0,5 м и внесение химмелиорантов оструктурирующего действия (хлористый кальций, кислые удобрения, кислоты и т.д.). Рекомендуемая доза химмелиоранта - 10 т на гектар промываемой площади. Очистку пойменных земель от тяжелых металлов можно осуществить проведением промывки на фоне внесения кислых мелиорантов.

Исследования показали, что при снижении рН с 7,3-7,5 до 5,0-5,5 из почвы будут выносятся свинец, цинк, никель, цирконий. Промывка водой в объеме 7-8 тыс м³/га позволяет снизить содержания указанных элементов до требуемых ПДК.

В качестве дополнительных методов очистки загрязненных почв могут быть рекомендованы биологические методы (фитомелиорации) – выращивание технических культур и растений, которые аккумулируют тяжелые металлы.

Литература

1. Борисов М.В., Шваров Ю.В. Термодинамика геохимических процессов. – М.: МГУ, 1992, 256с.
2. Манукьян Д.А., Карпенко Н.П. Применение моделей равновесной химической термодинамики в задачах гидрогеоэкологии. - Сб. Экологические основы орошаемого земледелия. М., ВНИИГиМ, 1995, с.255-262

УДК 632.15

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ БЕНТОНитОВОЙ ГЛИНЫ ДЛЯ ДЕТОКСИКАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ

Нгуен Суан Хай

Вьетнамский Национальный Университет, Ханой, Вьетнам

Загрязнение почв тяжелыми металлами во Вьетнаме происходит вблизи промышленных городов и заводов из-за быстрой урбанизации. Наиболее распространенными тяжелыми металлами являются медь, цинк, свинец, ртуть, никель и кадмий. Поступление таких тяжелых металлов в почву осуществляется из воздуха, воды, а также с внесением органических и минеральных удобрений. Производство овощной продукции для потребностей города реализуется в основном на загородных землях. В последние годы проблема, связанная с пищевыми отравлениями и болезнями населения при потреблении овощной продукции, стала актуальна. Для того чтобы сельскохозяйственная продукция, в том числе овощи, были безопасны для человека и животных, содержание в них тяжелых металлов не должно превышать допустимые нормы. В настоящее время содержание тяжелых металлов в овощах на рынке часто превышает ПДК (табл. 1), (Нгуен Суан Тхань, 2002).

Таблица 1 - Содержания тяжелых металлов в овощах, выращиваемых в провинции Тханчи (Ханойская область), мг/кг сырого веса

| Тяжелые металлы | Pb | As | Hg |
|------------------|------|------|------|
| Кочанная капуста | 2,0 | 9,6 | 0,81 |
| Водяной вьюнок | 0,73 | 3,67 | 0,71 |
| Салат | 6,0 | 3,0 | 0,90 |
| ПДК | 0,6 | 0,2 | 0,06 |

Для детоксикации почв, загрязненных ТМ, в исследованиях была использована естественная бентонитовая глина (бентонит), характеристика которой представлена в таблице 2.

Таблица 2 - Некоторые характеристики естественного бентонита в Кодинь, Тханхоа провинции Вьетнама

| pH _{KCl} | ЕКО | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Удельная поверхность |
|-------------------|-------------------|------------------|------------------|----------------------|
| | мг-экв/100г глина | | | м ² /г |
| 7,82 | 57,2 | 26,1 | 12,3 | 589,2 |

Бентонитовая глина имеет слабую щелочную среду, значительную емкость поглощения и удельную поверхность. Бентонит был внесен в древнеаллювиальную почву, основные характеристики которой даны в таблице 3.

Таблица 3 - Агрохимические свойства древнеаллювиальной почвы на опытном участке

| pH _{KCl} | C | N | P ₂ O | K ₂ O | N | P ₂ O | K ₂ O | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | ЕКО |
|-------------------|------|-------|------------------|------------------|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|
| | % | | | | мг/100г почвы | | | мг-экв/100г | | |
| 7,45 | 1,12 | 0,095 | 0,203 | 1,70 | 4,48 | 4,80 | 7,74 | 7,20 | 3,31 | 20,94 |

Исследуемая почва имеет нейтральную реакцию, ЕКО высокая, содержание питательных элементов от средних до высоких норм.

Загрязнение почвы вызвано антропогенными причинами: использованием в качестве удобрений ила из местного пруда, орошение сточными водами, ненормированное внесение минеральных удобрений. Опыт был проведен с зеленой капустой на почвах, искусственно загрязненных тяжелыми металлами в количестве: Pb - 100; Cd- 3; As- 20; Hg- 2 мг/кг почвы соответственно. Эти нормы соответствуют ПДК в почве. Опыт включал 3 варианта: контрольный, внесение 4,5 г бентонита на кг почвы (1 кг/м²) и 6,75 г бентонита на кг почвы (1,5 кг/м²) в 6-и кратной повторности.

Благодарно высоким значениям ЕКО и удельной поверхности бентонита, вносимого в почву, содержание тяжелых металлов снизилось соответственно с нормой внесения бентонита (табл. 4).

Таблица 4. Влияние подвижных содержаний тяжелых металлов в почве по вариантам, мг/кг

| Варианты | As | Hg | Cd | Pb |
|-----------------------|------|-------|------|------|
| № 1 (Конт.) | 3,54 | <0,05 | 1,25 | 55,8 |
| № 2 (4,5 г/кг почвы) | 3,00 | <0,05 | 1,14 | 38,3 |
| № 3 (6,75 г/кг почвы) | 2,00 | <0,05 | 0,96 | 35,1 |

Из таблицы 4 можно сделать следующие выводы:

- содержание подвижных форм Hg в всех вариантах ниже 0,05 мг/кг, что значительно ниже ПДК;

- содержание As, Cd, Pb в варианте №2 снизилось - 15,2%, 8,8 и 31,3% соответственно, и в варианте №3 составило 43,5%, 24,0%, 38,9% (рис. 1).

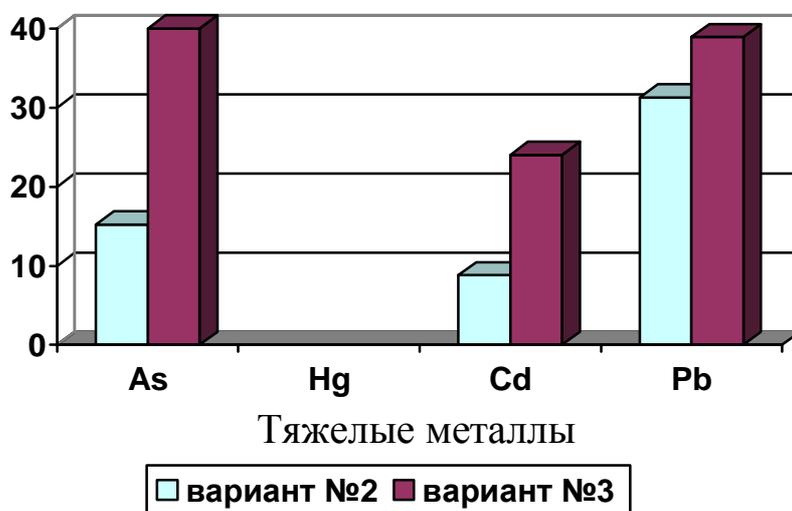


Рисунок 1 - Снижение содержания подвижных форм тяжелых металлов по сравнению с контролем по вариантам опыта

Снижение содержания подвижных форм тяжелых металлов в почве предопределило аккумуляцию тяжелых металлов в растении (табл. 5).

Таблица 5. Влияние бентонита на аккумуляцию тяжелых металлов в зеленой капусте, мг/кг

| Варианты | As | Hg | Cd | Pb |
|-------------|------|-------|------|------|
| Контрольный | <0,2 | 0,07 | 0,47 | 0,50 |
| № 2 | <0,2 | <0,05 | 0,23 | 0,23 |
| № 3 | <0,2 | <0,05 | 0,38 | 0,39 |
| ПДК | 0,2 | 0,02 | 0,03 | 0,5 |

Результаты анализов показали:

- содержание As во всех вариантах ниже 0,02 мг/кг, т.е. не превышает ПДК;

- значение Hg в контрольном варианте выше ПДК, но при внесении бентонитовой глины в опытном варианте его содержание снизилось до 0,05, что ниже ПДК, норма снижения составила 28,6%;

- содержание Cd во всех вариантах выше ПДК, хотя в вариантах с внесением бентонита произошло снижение с 19,2 до 51,0% по сравнению с контролем, соответственно в вариантах №2 и №3;

- содержание Pb в контрольном варианте на уровне ПДК, а в опытных вариантах №2 и №3 ниже ПДК, снижение на 54 и 22% соответственно по сравнению с контролем (рис. 2).

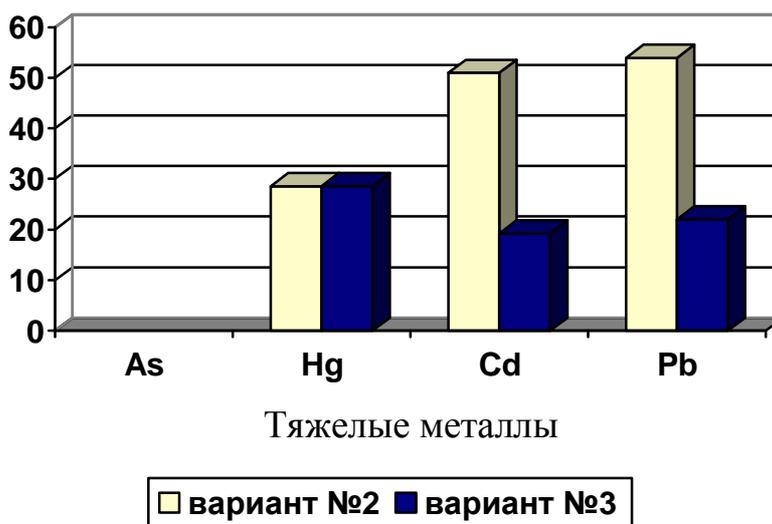


Рисунок 2 - Снижение содержания некоторых ТМ в зеленой капусте при внесении в почву бентонитовой глины

Внесение бентонита в почву обеспечивает не только детоксикацию почвы, что препятствует поступлению ТМ в растения, но и повышает урожайность зеленой капусты в варианте №2 на 16,34% и в варианте №3 на 9,62% (табл. 6).

Таблица 6 - Урожайность зеленой капусты в опытных сосудах

| Варианты | Контрольный | № 2 | № 3 |
|-------------------------------|-------------|-------|-------|
| Средняя урожайность (г/сосуд) | 71,00 | 82,60 | 77,83 |
| Повышение (%) | 0 | 16,34 | 9,62 |

ВЫВОДЫ

1. Бентонит можно использовать при мелиорации земель для детоксикации почв, загрязненных ТМ, благодаря его слабой щелочности, высоким значениям ЕКО, Ca^{2+} , Mg^{2+} и большой удельной поверхности.

2. Исследованиями установлено, что внесение бентонита в почву позволило снизить содержание подвижных форм As, Cd и Pb. Норма их снижения существенно зависела от нормы внесения бентонита. Поэтому можно использовать бентонит для детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами (As, Cd, Pb), так как запас бентонита во Вьетнаме достаточный.

3. Эффективность внесения бентонита подтверждается результатами опытов на зеленой капусте. Содержание ТМ в капусте, выращенной на почве, загрязненной Pb: 100; Cd: 3; As: 20; Hg: 2 мг/кг, при внесении бентонита обеспечило снижение Hg, Cd и Pb на 20 – 54 %. Внесение бентонита позволило повысить урожайность зеленой капусты на 9,62-16,43% по сравнению с контролем.

УДК 631.445.124

ВЛИЯНИЕ ДОЗ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ РАЙГРАСА ТЕТРАПЛОИДНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ КОМПЛЕКСОМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

В.Г. Головатый, В.Н. Буравцев, Е.А. Котова
ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Для широкого внедрения фиторемедиации в производство необходимо развертывание исследований по совершенствованию селекции и агротехники выращивания фиторемедиантов для оптимального функционирования их в мелиоративной деятельности. Однако многие стороны разработки таких технологий, включая подбор растений для различных зон страны и видов деградации почв, разработка системы удобрений в зависимости от видов и уровней ТМ в почве и т.п., остаются недостаточно разработанными.

Методика проведения исследований

С целью подбора растений для фиторемедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами, была проведена серия вегетационных исследований. В экспериментах изучалось влияние тяжелых металлов (ТМ) в сочетании с различными видами минеральных удобрений на урожайность райграса.

Этот вид растений выбран в связи с тем, что у него быстро нарастает биомасса. В наших полевых опытах за сезон формировалось до 13 т сухой массы райграса при сенокосном использовании травостоя. Кроме того, он является одним из компонентов пастбищ и городских газонов. Эти качества райграса могут быть использованы как для вегетационных (модельных) исследований, так и для полевых опытов по разработке технологий ремедиации почвы, учитывая его высокую отзывчивость на многие экологические факторы. Однако как растение – ремедиант этот вид растения практически не исследован.

Опыт проводился в вегетационных сосудах, для набивки которых использовалась полевая почва в количестве 3 кг. Агрохимические свойства почвы следующие: рН – 5,25; сумма поглощенных катионов (S) – 34 мг-экв/100 г почвы; гумус – 1,53 %; P₂O₅ – 25.5 мг/100г почвы; K₂O – 11,7 мг/100 г почвы.

Общее исходное содержание ТМ в почве: цинк – 24,44 мг/кг почвы, медь и свинец - отсутствуют. Процентное содержание металла в реактивах рассчитывалось на основании их атомных масс. Для опыта использовались следующие химически чистые соли: Zn в виде соли ZnSO₄ • 7H₂O; Cu - CuSO₄ • 5H₂O; Pb - Pb(CH₃COO)₂. Посев производился спустя неделю после внесения ТМ в

почву. Полив проводился один-два раза в сутки в зависимости от напряженности метеорологических условий и контролировался путем взвешивания. Количество растений в сосуде – 16 шт. Райграс тетраплоидный убирался в стадии начала колошения.

Регрессионный анализ результатов эксперимента проводили по Налимову и Черновой (1965), исследование поверхности отклика модели - методом «ридж-анализа» по Н. Дрейперу (1963).

Результаты исследований

В таблице 1 представлен план эксперимента и его результаты, а в таблице 2 - кодировка факторов. На основании данных таблицы 1 проведен регрессионный анализ, позволивший установить взаимосвязь между накоплением сухой массы надземными органами райграса, дозами удобрений и уровнем ТМ, которые вносились в почву. Результаты анализа в виде регрессии второго порядка (модель 1), приведены ниже:

$$Y_1 = 7.60 + 1.53 \cdot X_1 + 0.27 \cdot X_2 + 0.57 \cdot X_3 - 0.66 \cdot X_4 - 1.26 \cdot X_5 + 0.003 \cdot X_6 - 0.94 \cdot X_1^2 - 1.33 \cdot X_2^2 + 1.27 \cdot X_3^2 - 1.48 \cdot X_4^2 - 1.96 \cdot X_5^2 - 0.89 \cdot X_6^2 + 0.23 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0.03 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0.27 \cdot X_1 \cdot X_4 - 0.72 \cdot X_1 \cdot X_5 - 0.44 \cdot X_1 \cdot X_6 - 0.91 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0.42 \cdot X_2 \cdot X_4 + 0.06 \cdot X_2 \cdot X_5 - 0.18 \cdot X_2 \cdot X_6 - 0.55 \cdot X_3 \cdot X_4 - 0.52 \cdot X_3 \cdot X_5 - 0.17 \cdot X_3 \cdot X_6 + 0.17 \cdot X_4 \cdot X_5 + 0.10 \cdot X_4 \cdot X_6 + 0.27 \cdot X_5 \cdot X_6 \quad (1)$$

где Y_1 – сухая надземная масса, г/сосуд; X_1, X_2, X_3 – дозы удобрений: азота, фосфора и калия; X_4, X_5, X_6 – уровни ТМ: цинка, меди и свинца (расчеты коэффициентов модели проводились в относительных единицах). Коэффициент множественной корреляции равен 0.9.

По модели 1 методом "ридж-анализа" определяли максимум функции в пределах радиуса опыта и соответствующие ему значения факторов. Результаты исследования приведены на рисунке 1. Установлено, что для максимального накопления сухой наземной массы райграсом (9.72 г/сосуд) необходимы следующие условия: азот - 231, фосфор - 81, калий - 423, цинк - 277, медь - 185, свинец - 139 мг/кг почвы. Потребность в цинке и меди для максимального накопления сухой массы, скорее всего можно объяснить их недостатком в почве, как микроэлементов. Потребность в свинце может быть связана с влиянием его на почвенно-поглощающий комплекс.

В ранее проведенной работе со сведой высокой нами было установлено, что для каждого уровня засоления, с целью поддержания высокой продуктивности растений, необходимо подбирать соответствующее сочетание основных элементов минерального питания. Учитывая результаты этих исследований, нами было сделано предположение, что и для каждого уровня загрязнения почвы ТМ, с целью поддержания высокой урожайности райграса, необходимо так же подбирать свои уровни и сочетания элементов удобрений.

Для подтверждения этого предположения был проведен численный эксперимент на модели 1. С этой целью в модель 1 поочередно вводили три уровня тяжелых металлов, а полученные в результате этих вычислений уравнения, исследовали методом "ридж-анализа" с целью определения максимума функции в пределах радиуса опыта и соответствующие ему значения факторов, т.е. оптимизировали минеральное питание относительно различных уровней комплекса ТМ в почве.

Таблица 1 - План и результаты вегетационного эксперимента

| Варианты опыта | Уровни факторов (относительные единицы) | | | | | | Надземная сухая масса, г/сосуд |
|-------------------|-----------------------------------------|--------|-------|------|------|--------|--------------------------------|
| | Азот | Фосфор | Калий | Цинк | Медь | Свинец | |
| 1. | 0 | 0 | 0 | 700 | 500 | 150 | 0,34 |
| 2. | 0 | 180 | 0 | 0 | 500 | 300 | 1,22 |
| 3. | 0 | 0 | 450 | 700 | 500 | 300 | 0,22 |
| 4. | 350 | 90 | 0 | 0 | 0 | 300 | 6,61 |
| 5. | 350 | 0 | 0 | 0 | 500 | 0 | 0,42 |
| 6. | 350 | 180 | 450 | 0 | 500 | 300 | 0,86 |
| 7. | 0 | 180 | 450 | 0 | 0 | 300 | 1,90 |
| 8. | 350 | 180 | 0 | 700 | 500 | 0 | 4,45 |
| 9. | 0 | 0 | 450 | 700 | 0 | 0 | 2,00 |
| 10. | 350 | 0 | 0 | 700 | 500 | 300 | 0,11 |
| 11. | 350 | 0 | 0 | 700 | 250 | 0 | 0,64 |
| 12. | 175 | 180 | 450 | 700 | 500 | 0 | 0,07 |
| 13. | 350 | 0 | 450 | 700 | 500 | 150 | 0,05 |
| 14. | 0 | 180 | 225 | 700 | 500 | 300 | 0,12 |
| 15. | 350 | 180 | 225 | 0 | 0 | 0 | 6,49 |
| 16. | 175 | 180 | 0 | 700 | 0 | 0 | 5,33 |
| 17. | 175 | 0 | 450 | 0 | 0 | 0 | 7,52 |
| 18. | 350 | 180 | 450 | 700 | 0 | 0 | 5,84 |
| 19. | 175 | 0 | 0 | 700 | 500 | 0 | 0,78 |
| 20. | 0 | 90 | 0 | 700 | 0 | 300 | 1,51 |
| 21. | 0 | 90 | 450 | 0 | 500 | 0 | 1,68 |
| 22. | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,38 |
| 23. | 350 | 180 | 450 | 700 | 250 | 300 | 4,63 |
| 24. | 0 | 0 | 225 | 0 | 0 | 300 | 1,24 |
| 25. | 350 | 0 | 450 | 350 | 500 | 0 | 5,19 |
| 26. | 350 | 0 | 0 | 350 | 0 | 0 | 6,41 |
| 27. | 350 | 0 | 450 | 700 | 250 | 300 | 5,81 |
| 28. | 175 | 90 | 225 | 350 | 250 | 150 | 7,51 |
| 29. | 350 | 0 | 450 | 0 | 250 | 300 | 8,28 |
| 30. | 350 | 0 | 450 | 350 | 0 | 300 | 7,58 |
| 31. | 350 | 180 | 0 | 350 | 0 | 300 | 6,14 |
| 32. | 350 | 180 | 450 | 0 | 250 | 0 | 8,29 |
| 33. | 0 | 180 | 450 | 0 | 500 | 150 | 1,65 |
| 34. | 0 | 180 | 0 | 350 | 500 | 0 | 0,82 |
| 35. | 0 | 0 | 0 | 350 | 500 | 300 | 1,53 |
| Контроль | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,59 |
| НСР ₀₅ | | | | | | | 0,08 |

Таблица 2 - Кодировка факторов

| Значение факторов в единицах: | | | | | | |
|-------------------------------|----------------------------|--------|-------|------|------|--------|
| относительных | абсолютных (мг / кг почвы) | | | | | |
| | Азот | Фосфор | Калий | Цинк | Медь | Свинец |
| -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 175 | 90 | 225 | 350 | 250 | 150 |
| 1 | 350 | 180 | 450 | 700 | 500 | 300 |
| Шаг варьирования | 175 | 90 | 225 | 350 | 250 | 150 |

Результаты численного эксперимента приведены в таблице 3, из данных которой следует, что урожайность сухой массы райграса удается поддерживать на уровне оптимального варианта на почвах со средним уровнем содержания в почве комплекса тяжелых металлов (цинк - 350, медь - 250 и свинец - 150 мг/кг почвы) за счет изменения доз и соотношения различных видов удобрений. Однако увеличение загрязнения почвы комплексом ТМ до наиболее высокого уровня (цинк - 700, медь - 500 и свинец - 300 мг/кг почвы) уже не позволяет за счет изменения баланса элементов минерального питания поддерживать продуктивность растений на уровне оптимального варианта (см. рис. 1), накопленные сухой надземной массы по сравнению с ним снижается на 69%.

Таким образом, при высоком уровне экстремального фактора в среде очень важно найти такое сочетание азота, фосфора и калия, которое смягчало бы отрицательное действие тяжелых металлов на продуктивность растений.

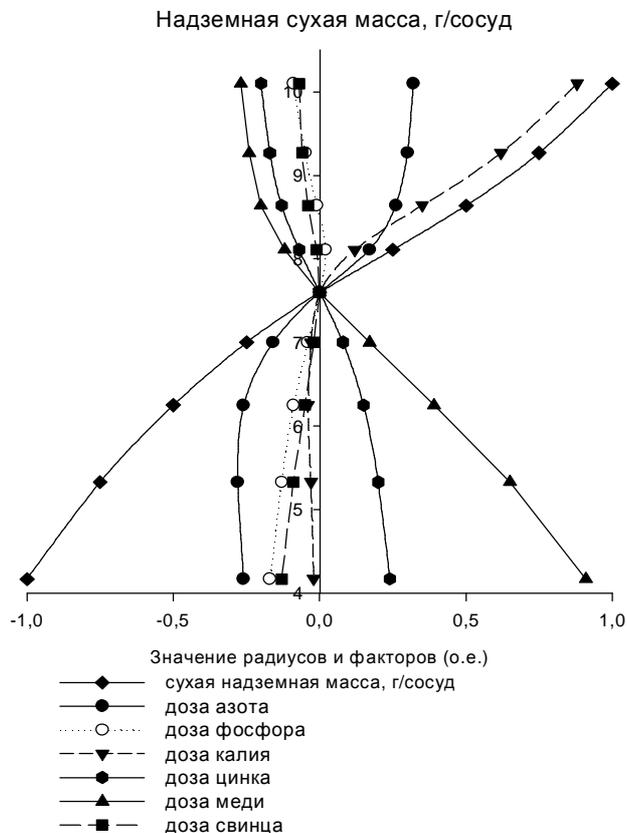


Рисунок 1 – Оптимизация исследуемых факторов накопления сухой надземной массы райграсом

Таким образом, установлено, что изменением уровня и соотношения доз удобрений при высоких уровнях комплекса ТМ в почве (если сравнение проводить с глобальным оптимумом) нельзя довести продуктивность растений до максимального уровня. Однако эту проблему можно рассмотреть и с иной точки зрения: сравнивать варианты с оптимизированными (сбалансированными по азоту, фосфору и калию) и неоптимизированными (не сбалансированными по основным элементам минерального питания) дозами удобрений на фоне различного загрязнения почвы тяжелыми металлами. Численный эксперимент на модели 1 проводился следующим образом: за основу несбалансированных вариантов были взяты дозы удобрений, которые были оптимальны при отсутствии в среде загрязнения тяжелыми металлами (рис.1) и на их фоне задавались различные уровни комплекса ТМ (нижняя половина табл.3). При определенном уровне ТМ в почве эти дозы удобрений уже не оказывают положительного влияния на продуктивность растений, по-видимому, в силу несбалансированности элементов минерального питания. Результаты численного эксперимента приведены в таблице 3.

Из данных таблицы 3 следует, что до среднего уровня загрязнения почвы комплексом ТМ сравниваемые варианты (3 и 6) уже различались на 12%. Дальнейшее увеличение загрязнения почвы комплексом ТМ до 1 (в относительных единицах) приводило к снижению продуктивности райграса уже на 22% при сравнении сбалансированных и не сбалансированных по элементам питания вариантов (сравнение ведется между 4 и 7 вариантами).

Таблица 3 - Накопление сухой надземной массы райграсом при оптимальном и неоптимальном сочетании доз удобрений в различных условиях загрязнения почвы комплексом тяжелых металлов

| Варианты опыта | Уровень изучаемых факторов (относительные единицы) | | | | | | Надземная масса | | |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------|-------|-------|-------|--------|-----------------|------|---------|
| | Азот | Фосфор | Калий | Цинк | Медь | Свинец | г/сосуд | % | |
| Варианты, сбалансированные по элементам минерального питания | | | | | | | | | |
| 1. | 0.32 | -0.10 | 0.88 | -0.21 | -0.26 | -0.08 | 9.72 | 100* | - |
| 2. | 0.45 | -0.1 | 0.63 | -1 | -1 | -1 | 9.52 | 98 | 100** |
| 3. | 0.29 | -0.09 | 0.95 | 0 | 0 | 0 | 9.68 | 99 | 100*** |
| 4. | 0.03 | 0.24 | -0.97 | 1 | 1 | 1 | 4.02 | 41 | 100**** |
| Варианты, не сбалансированные по элементам минерального питания | | | | | | | | | |
| 5. | 0.32 | -0.10 | 0.88 | -1 | -1 | -1 | 8.21 | 84 | 86** |
| 6. | 0.32 | -0.10 | 0.88 | 0 | 0 | 0 | 8.55 | 88 | 88*** |
| 7. | 0.32 | -0.10 | 0.88 | 1 | 1 | 1 | 2.75 | 28 | 68**** |
| НСР ₀₅ | | | | | | | 0.08 | | |

* За 100% принимается вариант оптимальный по всем изучаемым факторам

** Сравнение проводится по вариантам, имеющим одинаковое количество звездочек

В связи с этим, обращает на себя внимание тот факт (см. табл. 3), что оптимизация состава и доз удобрений для продуктивности райграса проходила

путем снижения доз азота и калия и увеличения доз фосфора при внесении их в почву. Это, естественно, привело к снижению накопления сухой массы надземными органами, но оно было менее значительным, чем на неоптимальном варианте. Фосфор, в этом случае, возможно, связывает часть ТМ, снижая поступление последних в ткани растений, и одновременно он может активизировать физиолого-биохимические процессы в растении, создавая тем самым более благоприятные условия для роста и развития райграса.

Выводы

1. Для максимального (в пределах радиуса опыта) накопления райграсом сухой надземной массы необходимы следующие начальные дозы удобрений: азот - 231, фосфор - 81, калий - 423, цинк - 277, медь - 185.

2. Установлено, что отрицательное воздействие загрязнения почвы комплексом ТМ (цинк, медь и свинец) на рост и развитие райграса можно частично компенсировать, в условиях оптимального водного режима, подбором доз азота, фосфора и калия.

УДК 631.432.26

К ОЦЕНКЕ ПРИТОКА ГРУНТОВЫХ ВОД В ПОЧВУ*

Е.А. Макарычева

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Приток грунтовых вод в почву осуществляется под действием капиллярных сил, которые отражают строение порового пространства почвы и проявляются в диапазоне равновесной влажности $\omega_0 < \omega_p < ПВ$ соответствующей зоне капиллярного увлажнения над зеркалом воды (ЗКУ) высотой H^* . Здесь ПВ – полная влагоемкость, ω_0 - влажность капиллярного равновесия при предельном натяжении менисков на верхней границе ЗКУ (О.В.Шаповалова, 1957, 1987).

Значения ω_0 , определяемые при разрежении 0,9 атм капилляриметрическим методом, соответствуют содержанию микропор и возрастают при переходе от песчаных почв к глинистым. Высота капиллярного поднятия закономерно увеличивается с увеличением содержания крупнопылеватых частиц диаметром 0,01 – 0,05 мм (С), образующих активные капиллярные поры (Е.А.Макарычева, 1998):

$$H^* = 50 + 2,2C, \text{ см} \quad (1)$$

Эпюра равновесной влажности в ЗКУ отражает зависимость капиллярного потенциала (H_k) от содержания пор разных размеров в диапазоне $0 < H_k < H^*$ и является одной из основных водно-физических характеристик почв и пород. Второй важнейшей характеристикой является капиллярная проводимость (V^*), представляющая собой максимальную скорость капиллярного впитывания воды в исходно сухую почву при формировании ЗКУ (Н.А.Качинский, 1970).

С увеличением высоты увлажненной зоны значения V^* уменьшаются вследствие снижения градиента капиллярного потенциала (I_k), который на

* Примечание редакции: статья публикуется в порядке дискуссии

верхней границе зоны снижается до нуля. При этом скорость поглощения воды ($V_{п}$) становится равной скорости испарения ($V_{и}$):

$$V_{п} = V_{и} + V^* \quad (2),$$

где $V^* = K I_k$, K – коэффициент влагопроводности, $I_k = 0,5 (H^* - H_k)$.

Определение эпюры равновесной влажности и коэффициента влагопроводности производят методом высоких монолитов, рассчитывая скорость поглощения воды по скорости движения фронта увлажнения в почве (породе) с исходной влажностью не более ω_0 (Е.А.Макарычева, 1987).

Зависимости $V^*(H_k)$ и $K(H_k)$ являются степенными: например, для супесчано-суглинистой и лессовой пород Вахшской долины зависимости $K(H_k)$ имеют следующий вид (Е.А.Макарычева, 2006):

$$K_{сс} = 64,5 / H_k^{1,37} \quad (3)$$

$$K_{л} = 48,0 / H_k^{1,2} \quad (4),$$

где значения капиллярного потенциала измеряются в сантиметрах, а коэффициента влагопроводности – в мм/сут.

Для расчета скорости притока грунтовых вод в почву необходимо иметь следующие данные: зависимость $K(H_k)$ для породы зоны аэрации, глубину залегания уровня (H_p), мощность расчетного слоя почвы (h_p), график капиллярного потенциала почвы на его подошве – $H_{к,п}(t)$ в расчетный период времени. Скорость притока ($V_{гр}$) определяется значением K_p , соответствующим капиллярному потенциалу породы, равному разности $H_p - h_p$ и расчетным градиентом (I_p) изменяющимся во времени вследствие динамики капиллярного потенциала почвы (Е.А.Макарычева, 2005).

В качестве примера рассмотрим двухслойный профиль орошаемого массива, характеризуемый зависимостями (3) и (4) при мощности расчетного слоя почвы 1,0 м и глубине залегания уровня 1,4 м. На подошве расчетного слоя значения $H_{к,п}$ возрастают в межполивной период от 30 до 90 см вследствие уменьшения влажности от наименьшей влагоемкости до критического значения, соответствующего высоте капиллярного поднятия.

При $t = 0-2-3-4-6-8-10-12-14$ сут и $H_{к,п} = 30-35-40-45-60-70-80-85-90$ см значения коэффициента влагопроводности составляют 0,62-0,48-0,41-0,35-0,25-0,19-0,16-0,15 мм/сут. Значение K_p при расчетном капиллярном потенциале породы 40 см в соответствии с формулой (4) составляет 0,55 мм/сут. Результаты расчета скорости притока грунтовых вод в период $t > 3$ сут приведены в таблице 1. Там же в скобках указаны значения скорости оттока воды из почвы после полива ($V_{от}$) при отрицательной разности $H_p - h_p$.

При глубине залегания уровня 1,2 – 2,5 м значения коэффициента влагопроводности породы – в соответствии с (4) – изменяются в диапазоне от 1,31 мм/сут до нуля (табл. 2).

Значения скорости притока грунтовых вод, соответствующие $H = 1,3 - 1,6 - 1,8$ м, к концу межполивного периода составляют 24,0 – 5,10 – 1,20 мм/сут. Графики $V_{гр}(t)$ для указанных значений глубины залегания уровня представлены на рисунке 1, зависимость продолжительности периода до начала притока грунтовых вод (t_n) от глубины залегания уровня представлена на рисунке 2.

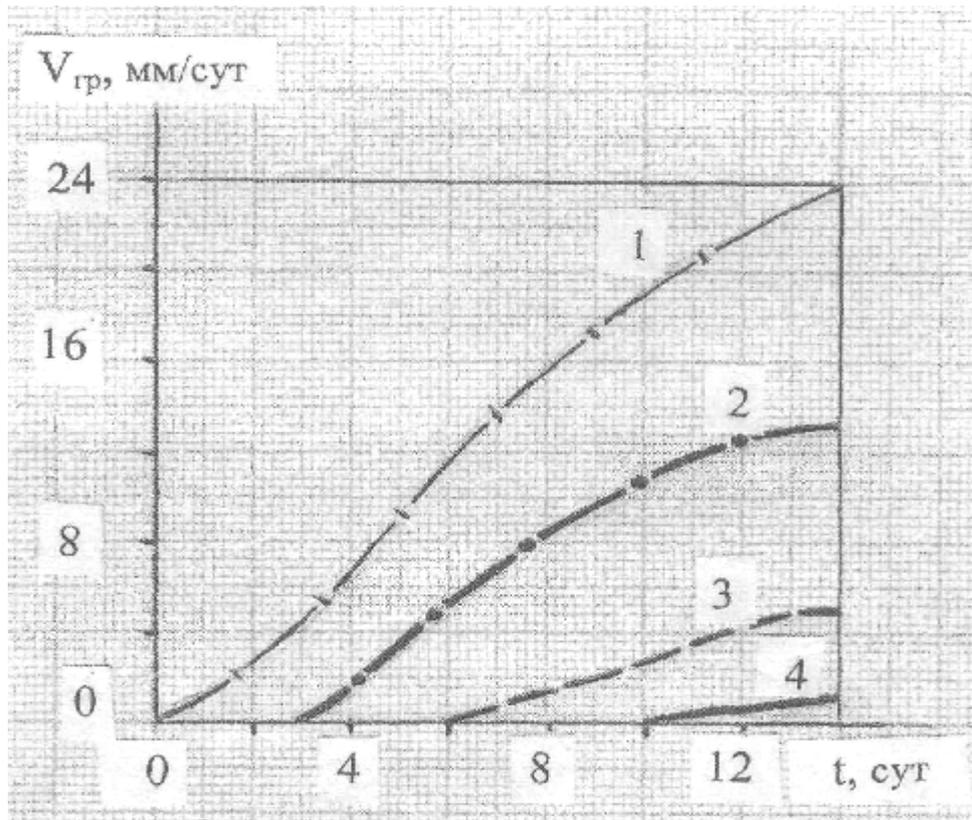


Рисунок 1 – Графики скорости притока грунтовых вод в почву при разной глубине залегания их уровня: 1 – 1,3 м; 2 – 1,4 м; 3 – 1,6 м; 4 – 1,8 м

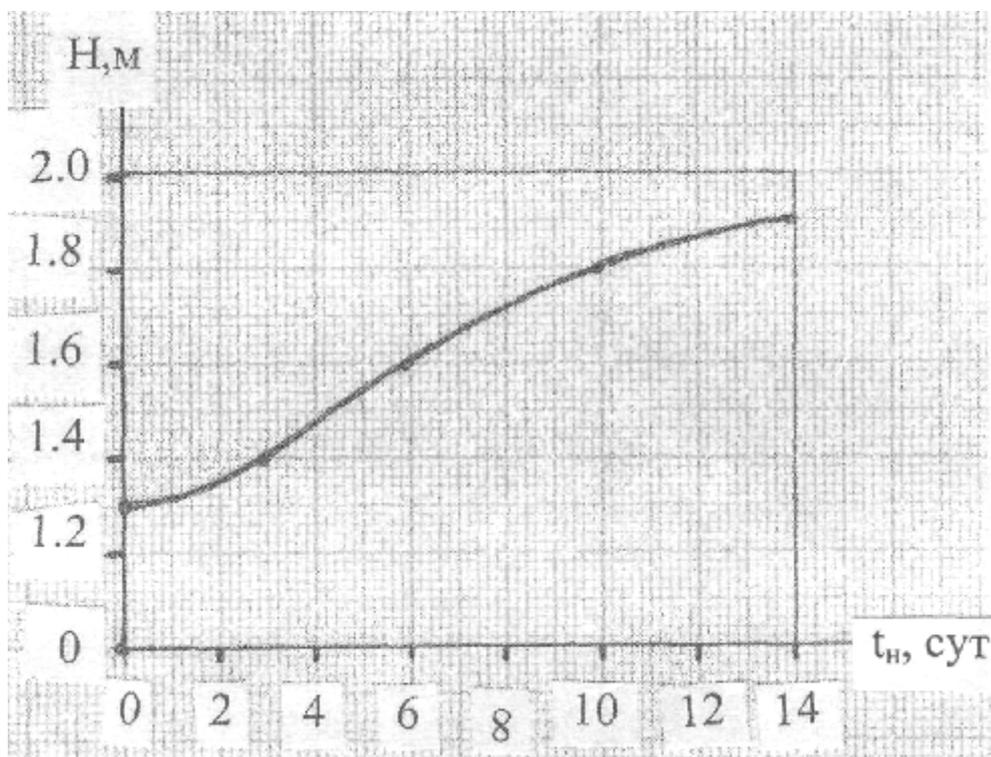


Рисунок 2 – Зависимость продолжительности периода до начала притока грунтовых вод в почву от глубины залегания их уровня

Таблица 1 - Значения скоростей влагообмена почвы с грунтовыми водами в межполивной период, мм/сут

| | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-------|-------|----|-----|-----|-----|------|------|------|
| t, сут | 0 | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 |
| H _{к.п.} , см | 30 | 35 | 40 | 45 | 60 | 70 | 80 | 85 | 90 |
| I _p | -5 | -2,5 | 0 | 2,5 | 10 | 15 | 20 | 22,5 | 25 |
| V _{гр} (V _{от}) | (2,8) | (1,4) | 0 | 1,4 | 5,5 | 8,2 | 11,0 | 12,4 | 13,7 |

Таблица 2 - Значения коэффициента влагопроводности породы

| | | | | | | | | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| H, м | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,5 |
| K, мм/сут | 1,31 | 0,80 | 0,55 | 0,34 | 0,24 | 0,19 | 0,15 | 0 |

Таким образом, для расчета влагообмена почвы с грунтовыми водами необходимо экспериментально устанавливать динамику влажности на подошве расчетного слоя почвы и зависимости коэффициента влагопроводности от капиллярного потенциала для почвы и породы зоны аэрации

Литература

1. Шаповалова О.В. Капиллярное испарение почвенной влаги и его роль в водном режиме почвы. // Сб. «Биологические основы орошаемого земледелия», М.: Изд. АН СССР, 1957, с. 680-692.
2. Шаповалова О.В. Роль фазовых переходов при передвижении воды в системе почва – растение - атмосфера. // Сб. «Обоснование допустимых глубин грунтовых вод орошаемых земель». М.: ВНИИГиМ, 1987, с. 230 – 252.
3. Макарычева Е.А. Определение характеристик водоподъемной способности почвогрунтов. // Мелиорация и водное хозяйство, №5, 1998, с. 11 – 13.
4. Качинский Н.А. Физика почвы. // М., Высшая школа, 1970.
5. Макарычева Е.А. Способы определения основных водно-физических характеристик почв и грунтов зоны аэрации. // Методика комплексных исследований на орошаемых опытных участках для определения водно-физических и гидрохимических характеристик почв и грунтов. М.: ВНИИГиМ, 1987, с. 56 – 65.
6. Макарычева Е.А. Закономерности и характеристики капиллярного движения воды. // Вопросы мелиорации, № 1 –2, 2006, с. 65 – 68.
7. Макарычева Е.А. Экспериментальное обеспечение моделей капиллярного движения воды в почве. // Тр. Всеросс. конфер. «Экспериментальная информация в почвоведении: теория и пути стандартизации». М., МГУ, 2005, с. 126 – 127.
8. Макарычева Е.А. Вопросы влагообмена почвы с грунтовыми водами. // Международная научная конференция «Наукоемкие технологии в мелиорации», М., ВНИИГиМ, 2005, с.134 – 137.

ВОДНО - ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИЙ

УДК 631.117

ВОДНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ

С.Я. Безднина

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Развитие мелиорации обусловлено необходимостью обеспечения устойчивости сельскохозяйственного производства в сложных природно-климатических условиях. Основные земледельческие регионы России находятся в зоне рискованного земледелия и для обеспечения продовольственной безопасности страны необходимо совершенствование научно-обоснованной стратегии устойчивого развития сельскохозяйственной мелиорации применительно к конкретным природно-климатическим условиям.

Особенность сельского хозяйства заключается в том, что оно основано на природопользовании, включает в производственный процесс такие важнейшие компоненты биосферы, как почвы, воды, растения и приземный слой атмосферы, тесно связанные потоками воды, энергии, веществ и информации. В связи с этим, в основу стратегии устойчивого развития сельскохозяйственной мелиорации должен быть положен адаптивно-ландшафтный подход, так как именно ландшафт представляет природный комплекс, однородный по происхождению и истории развития, обладающий единым геологическим фундаментом, и в котором все основные компоненты: рельеф, климат, воды, почвы, растительный и животный мир находятся в сложном взаимодействии и взаимообусловленности, образуя единую неразрывную систему. В соответствии с адаптивно-ландшафтным подходом стратегия устойчивого развития сельскохозяйственной мелиорации должна быть ориентирована на формирование высокопродуктивного и экологически безопасного мелиорируемого агроландшафта, оптимальное, неистощительное использование земельных, водных, биологических ресурсов, создание социоприродной системы, способной разрешить противоречия между обществом и природой, экономикой и защитой окружающей среды от загрязнения и деградации.

Под влиянием антропогенных воздействий природные экологические системы с внутренним равновесием и саморегуляцией постепенно трансформируются в техно-природные системы с внешней регуляцией и управлением потоками воды, энергии, веществ и информации. Трансформация системы «ландшафт - агроландшафт - мелиорируемый агроландшафт» постепенно изменяет структурные (почва, вода, атмосфера, растительный и животный мир) и функциональные компоненты (влаго-, массо-, теплоперенос). Управление сельскохозяйственным производством на мелиорируемых землях по существу является

управлением функционированием структурных и функциональных компонент мелиорируемого агроландшафта.

Создание высокопродуктивных и экологически безопасных мелиорируемых агроландшафтов с режимом устойчивого развития возможно на основе экологически сбалансированных соотношений: «воздействие - реакция», «доза-эффект». В начальный период освоения мелиорируемых земель структурные элементы агроландшафта обладают определенным уровнем экологической устойчивости. По мере возрастания антропогенной нагрузки, интенсификации процессов влаго-, массо-, теплопереноса нарушается структурная и функциональная целостность агроландшафта, снижается биопродуктивность. Регламентирование антропогенных воздействий, ранняя диагностика, локализация и реставрация поврежденных компонентов способствуют усилению внутренней регуляции системы и восстанавливают потенциал устойчивого развития мелиорируемого агроландшафта. С этих позиций введение многоукладности в сельском хозяйстве, развитие фермерства способствует усилению внутренней регуляции, поскольку фермер действует внутри системы и гибко реагирует на негативные изменения окружающей среды.

Таким образом, под влиянием комплекса агротехнических, мелиоративных и водохозяйственных воздействий экосистема ландшафта переходит из одной инварианты в другую, приобретает новую структуру и функциональность, определенный уровень хозяйственного потенциала.

Мелиорируемый агроландшафт находится под влиянием природных и антропогенных воздействий. К природным воздействиям относятся эволюционные процессы большого геологического круговорота, определяющие функциональные биогеоритмы мелиорируемого агроландшафта. Экстремальные природные явления в виде засух, заморозков, ливней, бурь и других явлений, оказывают кратковременное интенсивное воздействие, способное вызвать структурные и функциональные нарушения мелиорируемого агроландшафта. Антропогенные воздействия (агротехнические, мелиоративные, водохозяйственные) предназначены для смягчения неблагоприятных природных воздействий, формирования оптимальной структуры и функциональных свойств мелиорируемого агроландшафта с целью повышения продуктивности и устойчивости земледелия, обеспечения оптимального производства экологически чистой сельскохозяйственной продукции. Сельскохозяйственная, в том числе мелиоративная и водохозяйственная деятельность, представляет процесс прямого природопользования, поэтому, оказывая влияние на природную среду, мелиорируемый агроландшафт и эффективность его функционирования зависят от состояния окружающей среды, гармонизации и согласования потребностей экономики с возможностями природных экологических систем.

Водные мелиорации являются одним из крупнейших потребителей воды, оказывают воздействие на природные процессы и формирование потоков воды, химических элементов и соединений. Формирование структурной и функциональной целостности, экологической безопасности мелиорируемого агроландшафта и связанной с ним водной экосистемы в значительной мере зависит от концепции водопользования и механизмов ее реализации. Анализ особенностей

территориального распределения водных ресурсов, водообеспеченности территорий и населения различных экономических районов, структуры водопотребления и безвозвратных потерь воды свидетельствует о том, что одной из главных причин истощения водных ресурсов в ряде экономических районов России является водозатратная, экстенсивная технология использования воды и, соответственно, значительные объемы безвозвратного водопотребления. Объем безвозвратного водопотребления в орошаемом земледелии достигает 60 %.

Принятая в шестидесятые годы программа развития мелиорации с целью интенсификации сельскохозяйственного производства и создания регионов гарантированного производства сельскохозяйственной продукции позволила на определенном этапе решить ряд задач продовольственного обеспечения страны. Однако в процессе экстенсивного развития орошения практически не учитывались экологические и технологические ограничения в системах «вода - почва», «вода - растения», «вода - почва - подземная вода», экологические требования к орошению почв, качеству оросительной воды. Использование для орошения вод повышенной минерализации и загрязненности способствовало развитию засоления, осолонцевания и загрязнения почв, увеличению водопотребления, снижению урожайности и качества сельскохозяйственной продукции. К почве сложилось отношение как к объекту сельскохозяйственного использования без учета значимости почвенного покрова как важнейшего компонента биосферы.

Почва представляет собой сложную биокосную систему, структурная и функциональная целостность которой обеспечивается постоянным обменом энергией и веществом с атмосферой, гидросферой и литосферой. Недооценка значимости почвы как важнейшего компонента биосферы, сложность и недостаточная изученность процессов массопереноса, возрастание антропогенных нагрузок без учета экологических требований и ограничений предопределили развитие процессов деградации почв: потери гумуса и снижение плодородия, ухудшение агрофизических, физико-химических и биохимических свойств, минералогического состава, увеличение засоления, осолонцевания и загрязнения, гидроморфизма и эрозии почв. Вместе с тем, резко нарушился баланс органических веществ в почве: изъятие органических веществ с урожаем не компенсировалось в достаточной мере внесением органических удобрений и посевом многолетних трав.

Развитие процессов деградации почв, разрушение природных ландшафтов, истощение и загрязнение водных экосистем выдвигают экологические аспекты развития водных мелиораций в ряд приоритетных.

Создание экологически безопасных мелиорированных агроландшафтов зависит в значительной мере от технологии возделывания сельскохозяйственных культур, методов, доз и форм внесения минеральных удобрений и средств защиты растений. Особую актуальность в настоящее время приобретает проблема нитрификации, загрязнения почв и растений токсичными элементами и соединениями. Избыточное накопление нитратов в сельскохозяйственной продукции, загрязнение подземных и поверхностных вод представляют опасность для животных и человека.

В процессе функционирования мелиоруемого агроландшафта наряду с глобальным загрязнением биосферы формируются региональные и локальные источники загрязнения. К региональным относятся предприятия топливно-энергетического, металлургического, химического, нефтехимического, машиностроительного, строительного, транспортно-дорожного комплексов, лесной, лесохимической, фармацевтической, оборонной промышленности, коммунального и сельского хозяйства (тяжелые металлы, нефтепродукты, фенолы, диоксины, бенз(а)пирен, СПАВ, углеводороды, радиоактивные вещества, пестициды, нитраты, азот аммонийный, фосфор и другие, оказывающие влияние на почвы, водные экосистемы и атмосферу (атмосферные осадки) конкретного агроландшафта. К локальным источникам загрязнения относится процесс производства сельскохозяйственной продукции (внесение удобрений, пестицидов и микроэлементов, обработка почв), поверхностный и коллекторно-дренажный сток.

Азотные удобрения, попадая в почву, используются растениями частично: коэффициент использования азотных удобрений составляет около 60 %, часть теряется из почвы в виде газообразных продуктов (15 - 20 %), потери за счет вымывания составляют 20 - 25 %. Потери фосфора стандартных ортофосфорных удобрений с дренажными водами превышают 0,25 - 0,60 кг/га фосфора в год. Изменение приведенных величин обусловлено особенностями природно-хозяйственных условий. Установлено, что с сельскохозяйственных угодий в поверхностные и подземные воды поступает около 20 % внесенного азота, 5 % фосфора. Пестициды, используемые в процессе производства сельскохозяйственной продукции, представляют собой биологически высокоактивные вещества. Являясь ядовитыми для определенной формы жизни, пестициды представляют опасность для человека, животных, полезных микроорганизмов. Особую опасность представляют устойчивые, трудноразлагаемые пестициды. Установлено /Ваиси Т., 1982/, что в среднем около 3 % используемого инсектицида является действующим, остальные 97 % теряются, то есть поступают в почву, растения и другие компоненты агроэкосистемы. Используемая часть гербицидов составляет 5 - 40 %. Пестициды, попавшие в почву, оказывают негативное воздействие на состав и численность микроорганизмов и, соответственно, на направленность и интенсивность микробиологических процессов. Некоторые пестициды в своем составе содержат тяжелые металлы: ртуть, цинк, медь, железо и другие. В составе гранозана содержание ртути достигает 75,6 % от массы соединения. Медь и цинк являются составной частью фунгицидов /1/.

В процессе производства сельскохозяйственной продукции представляется важным учитывать загрязненность атмосферных осадков как одного из источников поступления загрязняющих веществ. Кислотность осадков, обусловленная наличием серной и азотной кислот, возрастает к западной границе России. В восточном и южном направлении постепенно возрастает щелочность. Атмосферные осадки могут содержать свинец, кадмий, мышьяк, торий, ртуть, хром, никель, цинк, марганец, кобальт, медь и другие элементы и соединения. Содержание свинца в дожде и снеге изменяется от 1,6 мкг/л в районах, удаленных от промышленных объектов, до 350 мкг/л и более в крупных городах.

Ртуть, попадая в атмосферу при сжигании твердого топлива и в процессе работы предприятий цветной металлургии, поступает с атмосферными осадками в почву и водные экосистемы. Под влиянием микроорганизмов соединения ртути трансформируются в метилртуть - высокотоксичное органическое соединение /1/.

Загрязнение атмосферы и, соответственно атмосферных осадков, опасными элементами и соединениями оказывает негативное влияние на водные экосистемы, плодородие почв и качество сельскохозяйственной продукции на расстоянии десятков и сотен километров от источников загрязнения.

На орошаемых землях дополнительным источником загрязнения является вода для орошения, используемая из загрязненных водных объектов. Вместе с тем, весьма значимым источником загрязнений являются коллекторно-дренажные воды гидромелиоративных систем, содержащие повышенное количество солей, азота, пестицидов, тяжелых металлов и других загрязняющих веществ и представляющие опасность для почв, подземных вод и сельскохозяйственных культур при использовании их для орошения, а также для водных экосистем - при сбросе дренажных вод в водные объекты.

Загрязнение атмосферы и, соответственно, атмосферных осадков, поверхностных и подземных вод изменяет качественное состояние трофических связей и окружающей среды в системе вода - почва - высшие растения - животные - человек - биосфера. По мере прохождения звеньев этой системы загрязняющие вещества накапливаются, трансформируются, разлагаются, теряют и приобретают токсичность. При определенных концентрациях и условиях загрязняющие вещества нарушают структурную и функциональную целостность как отдельных звеньев, так и системы в целом. Миграция и накопление загрязняющих веществ являются результатом сложных физико-химических процессов взаимодействия препаратов и множества биотических и абиотических факторов среды. Стойкость вещества, характер и длительность детоксикации, биоаккумулирующая способность отдельных звеньев трофической цепи определяют их число на пути к организму человека.

Необходимость дальнейшего развития орошения, с одной стороны, деградация почв, снижение продуктивности орошаемых земель и нарастающий дефицит воды, с другой, определяют необходимость формирования экологически обоснованной стратегии развития водных мелиораций и основополагающей концепции водопользования, исходя из следующих основных принципов:

оптимизация влагообеспечения сельскохозяйственных культур при максимальном использовании естественных влагозапасов и снижении удельных затрат оросительной воды;

снижение до минимальных размеров инфильтрационных потерь в каналах, на орошаемых землях;

сохранение и воспроизводство плодородия почв;

предупреждение загрязнения почв, воды, растений в процессе производства сельскохозяйственной продукции, водопотребления и водоотведения.

Соблюдение этих принципов позволит снизить потребность в дренаже и, соответственно, опасность загрязнения водных экосистем дренажным стоком.

Коллекторно-дренажные воды, обогащенные солями, биогенами, пестицидами и другими токсичными элементами и соединениями, в отличие от точечных источников загрязнения промышленного, коммунально-бытового происхождения, являются диффузным источником загрязнения подземных вод и водных экосистем, а при использовании для орошения - почв и сельскохозяйственной продукции.

Увеличение минерализации оросительной воды на каждые 0,1 г/л приводит к необходимости затрачивать на орошение 1 га на 1000 м³ воды больше, а это в свою очередь обуславливает необходимость увеличения мощности дренажа и, соответственно, объема дренажных вод. При использовании для орошения воды с минерализацией 2 - 3 и 3 - 5 г/л дренажный сток соответственно составляет 30 - 35 и 50 - 60 % водозабора. По данным исследований Лаборатории засоленных почв США при минерализации оросительной воды 2 - 3 г/л отвод дренажных вод составляет 30 - 60 % водозабора.

Зона влияния горизонтального дренажа на потоки воды и химических элементов распространяется на глубину, равную 3 - 4 глубинам заложения дрен. Зона влияния вертикального дренажа распространяется на глубину 100 - 150 м. Углубление дренажа, сокращение расстояний между дренами, увеличение инфильтрации оросительных вод и атмосферных осадков способствуют увеличению зоны миграции и, соответственно, объему выносимых солей и загрязняющих веществ в водные экосистемы. Оптимизация водопотребления и режимов орошения сельскохозяйственных культур, технологии полива, минимизация инфильтрационных потерь на орошаемых землях, из каналов, водохранилищ, соблюдение требований к качеству оросительной воды создают предпосылки для сокращения дренажного стока до 8 - 10 % водоподачи. Наряду с реализацией мер по минимизации объема и загрязнения дренажного стока важными представляются исследования и разработка теоретических основ, технологий очистки и регулирования химического состава коллекторно-дренажных вод с целью безопасного сброса в водные объекты или внутрисистемного использования для орошения сельскохозяйственных культур /2/.

Таким образом, анализ состояния и продуктивности орошаемых земель, последствий экстенсивного развития орошения свидетельствует о необходимости формирования экологически обоснованной стратегии развития водных мелиораций и основополагающей *концепции экосистемного водопользования*. Экосистемное водопользование – водохозяйственная деятельность, основанная на экосистемном принципе управления водопользованием в едином технологическом процессе, включающем потребление, использование и отведение воды с учетом экологических требований и ограничений по количественным и качественным показателям. *Целью* экосистемного водопользования в мелиорации является достижение и сохранение устойчивого, экологически безопасного и экономически эффективного водопользования. Экосистемное водопользование - важнейшая составляющая процесса экологизации сельскохозяйственной, в том числе водохозяйственной и мелиоративной деятельности, включающей гармоничное, комплексное сочетание социальных, экономических и экологических приоритетов, достижение устойчивого экономического роста и экологизации

безопасного функционирования мелиорируемого агроландшафта и связанной с ним водной экосистемы.

Концепция экосистемного водопользования в мелиорации ориентирована на экологизацию использования водных, земельных и биологических ресурсов, снижение безвозвратного водопотребления, предупреждение деградации почв, загрязнения сельскохозяйственных культур, поверхностных и подземных вод. Принципиальная особенность концепции - ориентация на причины экологических нарушений. Под *экологизацией* понимается коррекция и формирование вещественно-энергетических и информационных потоков в соответствии с экологическими ограничениями и требованиями.

Формирование экосистемного водопользования для конкретных природно-хозяйственных условий должно осуществляться в соответствии с экологическими, социально-экономическими, агрономическими и техническими критериями. *Экологические критерии* экосистемного водопользования предназначены для учета необходимости обеспечения охраны окружающей среды и санитарно-эпидемиологического благополучия населения. В соответствии с Федеральным законом "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" от 17 марта 1999 года "санитарно-эпидемиологическое благополучие населения – состояние здоровья населения, среды обитания человека, при котором отсутствует вредное воздействие факторов среды обитания на человека и обеспечиваются благоприятные условия его жизнедеятельности". *Социально-экономические критерии* предназначены для учета конкретных природных и социально-экономических условий территории. *Агрономические критерии* предназначены для формирования экосистемного водопользования по степени и характеру воздействия водохозяйственной деятельности на: *урожайность* сельскохозяйственных культур по валовому сбору и интенсивности развития; *качество* сельскохозяйственной продукции, в особенности на формирование ее полноценности, доброкачественности и сохранности; *почвы* - с целью сохранения, повышения плодородия и биопродуктивности, предотвращения процессов засоления, осолонцевания, содообразования, слитизации и нарушения биологического режима. *Технические критерии* учитывают воздействие водохозяйственной деятельности на сохранность, эффективность, надежность функционирования мелиоративных и водохозяйственных систем, сооружений и их составных частей. Основные приоритеты концепции экосистемного водопользования в мелиорации включают экологизацию процесса производства сельскохозяйственной продукции на орошаемых землях, экологическое нормирование, мониторинг мелиорируемых земель и экологическое аудирование мелиоративной деятельности.

Важнейшим условием реализации экосистемного водопользования в мелиорации является совершенствование экономических методов стимулирования экосистемного водопользования, цен и платежей за использование водных ресурсов, загрязнение подземных и поверхностных вод. Наряду с признанием воды, как важнейшего компонента биосферы, производственного ресурса, обладающего незаменимыми потребительскими свойствами, важным является

признание воды экономическим ресурсом для создания надежной финансовой основы водохозяйственной деятельности.

Литература

- 1.Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. –Л.: ВО "Агропромиздат" Ленинградское отделение, 1987.
- 2.Безднина С.Я. Экологические основы водопользования. –М.: Издательство ВНИИАгрохимии, 2005.

УДК 626.810

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

А. В. Бочарин

НПО САНИИРИ, Ташкент, Республика Узбекистан

Показателями устойчивого функционирования и дальнейшего развития водного хозяйства Республики Узбекистан являются:

- среднегодовые запасы водных ресурсов и их использование по регионам и времени;
- объёмы финансирования на содержание и развитие водохозяйственной инфраструктуры;
- темпы развития рыночных реформ в водохозяйственном комплексе.

В таблице 1 представлены фактические объёмы используемых водных ресурсов (на границе первичных водопользователей) за последние годы по республике в целом.

Таблица 1 – Использование водных ресурсов

| Годы | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | среднее |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Объёмы воды, млн.м ³ | 48400 | 42400 | 36140 | 37100 | 39322 | 40349 | 40693 |

Как следует из данных таблицы 1, возможности использования водных ресурсов колеблется в значительном диапазоне. Разница между максимальными и минимальными объемами составила 34 %. В результате нестабильной водообеспеченности орошаемого земледелия в республике наблюдается неустойчивая его продуктивность и выпадение поливных площадей из сельхозоборота. Так, в маловодном 2001 г. площади поливных площадей по бассейну реки Сырдарья сократились на 272 тыс.га, по бассейну реки Амударья на 304 тыс.га по сравнению с 2002 г. (год нормальной водообеспеченности), а продуктивность орошаемых земель снизилась соответственно на 22 %.

Отличительной особенностью современного использования водных ресурсов в бассейне Аральского моря, составной частью которого являются водные ресурсы Республики Узбекистан, это ликвидация единого водного пространства, существовавшего в советский период. Водные ресурсы в области их

формирования, находящиеся преимущественно в Киргизстане и Таджикистане, объявлены собственностью этих государств, которые планируют их использование, преследуя, в первую очередь, собственные национальные интересы. В частности, по реке Сырдарья произошло перераспределение стока воды по объемам по сравнению с советским периодом, что иллюстрируется данными таблицы 2.

Таблица 2 – Динамика водозабора из реки Сырдарья

| Источник водных ресурсов | Годы | Суммарный водозабор, млн.м ³ | | |
|--------------------------|-----------|-----------------------------------------|-------------|---------|
| | | вегетация | невегетация | годовой |
| р. Сырдарья | 1986-1988 | 14,31 | 3,66 | 17,97 |
| | 2000-2002 | 13,78 | 6,8 | 20,58 |

Из представленной таблицы 2 следует, что средний попуск по Сырдарье увеличился на 2,6 млрд.м³. В основном, это увеличение приходится на невегетационный период, объемы которого увеличились вдвое, когда потребность в воде осталась прежней. В вегетационный период, когда потребность в воде увеличивается, происходит снижение объемов попуска воды.

По другим источникам водных ресурсов водообеспеченность поливных земель в многолетнем разрезе также изменяется в широком диапазоне, что иллюстрируется данными таблицы 3.

Таблица 3 – Водообеспеченность орошаемых земель

| Источники водных ресурсов | Водообеспеченность в % от плановых потребностей | |
|---------------------------|-------------------------------------------------|-------|
| | min | max |
| Сырдарья | 74,8 | 113,2 |
| Нарын | 91,6 | 124,5 |
| Карадарья | 81,2 | 101,7 |
| Зарафшан | 65,0 | 120,2 |
| Амударья | 72,0 | 152,1 |
| Прочие | 89,7 | 127,9 |

Из данных таблицы 3 следует, что наиболее низкую водообеспеченность имеют реки Сырдарья и Зарафшан, где она снижалась до 74,8 % и 65 % соответственно. В то же время практически все источники водных ресурсов в многоводные годы располагали избыточными водами, что говорит о возможности привлечения здесь дополнительных водных ресурсов за счет многолетнего регулирования стока.

В маловодные годы положение усугубляется тем, что из-за слабой законодательной и нормативной базы, нарушаются принципы справедливого распределения водных ресурсов между регионами, расположенными в верховьях и низовьях рек. Так, в маловодный 2001 г. при общей водообеспеченности от установленных лимитов по бассейну р. Амударьи 72 % фактическая водообеспе-

ченность регионов от верховья до низовья реки изменялась: Сурхандарья – 118 %, Кашкадарья – 85 %, Бухара – 85,7 %, Навои – 65 %, Хорезм – 66,7, Каракалпакстан – 42,4 %.

По реке Сырдарья при водообеспеченности стока 74,8 % аналогичный расход водообеспеченности регионов составил: Андижан – 100 %; Наманган – 90,4 %; Фергана – 106,4 %; Джизак – 62,7 %; Сырдарья – 59,0 %.

Из изложенного следует, что колебание объемов воды в источниках водных ресурсов не способствует устойчивому развитию орошаемого земледелия, что объясняется следующими причинами:

- отсутствием должной координации в водной политике между государствами бассейна Аральского моря;
- недостаточной зарегулированностью стока источников водных ресурсов;
- низким качеством управления водными ресурсами;
- большими непроизводительными потерями воды в оросительных системах.

Потери воды в межхозяйственной оросительной системе составляют в среднем 20 % суммарного водозабора из источников водных ресурсов. На внутрихозяйственной системе водочет практически отсутствует, а по экспертным оценкам потери вод могут достигать 35 %.

Непосредственно до поля доходит 43 % в бассейне Сырдарьи и 37 % в бассейне Амударьи и около 33 % от общей воды практически теряется как ресурс.

В настоящее время водное хозяйство республики продолжает финансироваться из госбюджета и является одним из немногих отраслей народного хозяйства, которого не коснулась рыночная реформа. В таблице 4 приведена динамика объема финансирования затрат на эксплуатацию объектов водного хозяйства.

Таблица 4 – Динамика финансирования эксплуатации объектов водного хозяйства

| Годы | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|-------------------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Затраты, млрд.сум | 51,6 | 60,6 | 61,8 | 130,8 | 183,0 | 251,9 |

Анализ затрат на финансирование водного хозяйства показывает, что в физическом выражении имеет место рост госбюджетного финансирования. Однако в сопоставимых ценах, с учетом инфляции и роста цен на материально-технические ресурсы, выявляется иная картина. Водное хозяйство формирует (без учета капитальных вложений) около 66 % расходов государственного бюджета на экономику и его относительные расходы сократились с 2,9 % в 1995 г. до 1,8 % в 2002 г. от валового внутреннего продукта или в 1,6 раз. В противовес общей тенденции для всей экономики республики в водном хозяйстве наблюдается снижение доли текущих расходов с 88,2 % в 1999 г. до 64,6 % в 2002 г. и соответственно увеличение доли капитальных вложений с 12,8 % до 35,4 % соответственно. Увеличились расходы на машинное орошение с 40,5 % в 1995 г. до 70 % в 2004 г. от общих эксплуатационных затрат. Как следствие

такого положения, происходит физический и моральный износ основных водохозяйственных фондов. Так, на конец 2002 г. общий износ водохозяйственных фондов в целом по республике составил 41,7, а по отдельным водохозяйственным объектам - 65 %. Поскольку, в обозримом будущем, существенное увеличение бюджетного финансирования водного хозяйства явно не реально, то единственной альтернативой его дальнейшего развития является адаптация водного хозяйства к проводимым в республике рыночным реформам. Рыночные преобразования в водном хозяйстве, с нашей точки зрения, являются основным фактором, который в значительной степени может обеспечить его устойчивое функционирование и дальнейшее развитие.

Внедрение рыночных принципов взаимоотношений между участниками водохозяйственного комплекса решает следующие задачи:

- получение дополнительных водных ресурсов за счет их экономного и рационального использования, сокращения непроизводительных потерь воды на водохозяйственных системах;
- повышения технического уровня водохозяйственных систем за счет улучшения их финансового состояния, что повысит качество управления водными ресурсами, их справедливое распределение по регионам и между водопользователями;
- улучшение экологической обстановки в неблагоприятных регионах за счет сокращения оросительных норм, снижении потерь воды и повышения качества управления водными ресурсами.

Механизм реализации рыночных принципов между участниками водохозяйственного комплекса в общем виде осуществляется по двум возможным вариантам:

- приватизация водохозяйственных объектов, находящихся в собственности государства;
- введение платы за услуги по подаче воды при сохранении государственной собственности на водохозяйственные объекты.

Первый вариант в обозримом будущем не имеет перспектив, поскольку низкая продуктивность орошаемого земледелия, который потребляет 92 % используемых водных ресурсов, делает его малопривлекательным для крупных частных или общественных инвестиций. Этот вариант следует рассматривать на отдаленную перспективу по мере повышения эффективности орошаемого земледелия. На начальном этапе рыночных преобразований следует отдать предпочтение второму варианту – введение платного водопользования.

Основная политика в области платного водопользования должна содержать решение двух принципиальных задач:

- механизм оплаты услуг по подаче воды;
 - установление размеров тарифов за услуги по подаче воды.
- Решение первой задачи возможно по двум вариантам:
- внесение платы за услуги по подаче воды в государственный или местные бюджеты в виде водного налога;

- внесение платы за услуги по подаче воды в бюджеты водохозяйственных предприятий.

По первому варианту водохозяйственные предприятия отстраняются от экономических (рыночных) отношений с водопользователями. Средства оплаты за услуги по подаче воды будут растворяться в общих доходах бюджета и не исключена возможность финансирования водного хозяйства по остаточному принципу. Водохозяйственные предприятия в этом случае остаются на государственном содержании и они не будут экономически заинтересованы в поисках и реализации водосберегающих мероприятий, снижении эксплуатационных затрат, развитию водохозяйственного комплекса. Поэтому предпочтение следует отдать варианту – внесения платы за услуги по подаче воды в бюджеты водохозяйственных предприятий.

При назначении тарифов за услуги по подаче воды следует определиться по следующим позициям:

- установление единого общереспубликанского или дифференцированного по регионам тарифа;
- виды и размеры тарифов.

Единый тариф удобен в том отношении, что упрощает механизм расчета оплаты услуг по подаче воды. Основной его недостаток, что он не отвечает принципу социальной справедливости для регионов, имеющих разную продуктивность орошаемых земель. Поэтому, предпочтение следует отдать дифференцированным тарифам, которые должны учитывать различие в продуктивности орошаемых земель по регионам республики.

Оплату услуг по подаче воды обычно производят по следующим видам тарифов: основные, штрафные и ресурсные. В качестве основных тарифов могут применяться покубометровый (р/м^3), погектарный (р/га), двухставочный (покубометровый плюс погектарный). По покубометровому тарифу оплата идёт по фактически поданной воде, в пределах установленного лимита, погектарному – с плановой площади орошаемых земель. Учитывая значительные изменения по годам водности источников водных ресурсов целесообразно применять двухставочный тариф. В этом случае, в маловодные годы применение двухставочного тарифа сгладит его негативное влияние на финансовое состояние ирригационных систем. По штрафному тарифу водопользователи оплачивают фактические объемы воды сверх установленного им лимита и при самовольном заборе воды. Штрафные тарифы обычно устанавливаются кратными покубометровым тарифам. По ресурсному тарифу оплачивается вода, на подачу которой водохозяйственное предприятие не несёт затрат. Размер ресурсного тарифа обычно устанавливается правительством республики.

По опыту стран с рыночной экономикой размеры тарифов устанавливаются исходя из эксплуатационных затрат водохозяйственных предприятий и реже – определенный процент от доходов водопользователей. В одних случаях они оплачивают полные эксплуатационные затраты водного хозяйства, а в большинстве стран – частичные затраты. Остальная часть затрат дотируется из госбюджета.

Основным фактором, сдерживающим в республике платное водопользование для орошаемого земледелия, является низкая рентабельность большинства сельхозпредприятий. Введение платного водопользования преследует, в основном, следующие цели. Во-первых, оно должно стимулировать экономное и рациональное использование ограниченных водных ресурсов. Водопользователи должны приучиться к мысли, что вода является материальным ресурсом, на доставку которого затрачиваются громадные финансовые средства и запасы её не безграничны. Во-вторых, дополнительные финансовые средства водопользователей обеспечат устойчивое развитие водохозяйственной инфраструктуры. И, наконец, стоимость оплаты услуг по подаче воды не должна приводить к существенному снижению доходов водопользователей.

Исходя из этих условий, рассматривались следующие варианты исчисления тарифов за услуги по подаче воды:

- полные эксплуатационные затраты водного хозяйства (единый тариф);
- эксплуатационные затраты бассейновых управлений ирригационных систем (БУИС, дифференцированные тарифы).

Расчеты показывают, что при оплате всех затрат водного хозяйства уменьшение доходов сельхозпроизводителей в среднем составит 9,3 %, а в некоторых регионах – до 16,8 %, что подорвет их экономику. При втором варианте исчисления тарифов уменьшение доходов составит 1,4 % при тарифе 1 доллар за 1000 м³ воды. Этот вариант рекомендуется реализовать на начальном этапе платного водопользования.

В апреле 2006 г. правительство республики приняло Программу и мероприятия по внедрению рыночных принципов в использовании поливной воды, основными положениями которой являются:

- проведение эксперимента по внедрению рыночных отношений в использовании поливной воды;
- поэтапный переход на экономические договорные отношения в использовании поливной воды и привлечение к управлению водными ресурсами непосредственно водопользователей.

Для проведения эксперимента в каждой из 13 областей республики выбраны по две ассоциации водопользователей и ирригационные системы. В задачу эксперимента входят:

- изучение эффективности рыночных отношений между участниками водохозяйственного комплекса;
- анализ влияния затрат на оплату услуг по подаче воды на себестоимость сельхозпродукции;
- определение оптимальных тарифов за услуги по подаче воды по регионам республики;
- отработка механизма финансовых взаимоотношений между поставщиками и потребителями воды;
- подготовка предложений по дальнейшим этапам внедрения рыночных принципов в использовании поливной воды в республике.

Эксперимент по платному водопользованию рассчитан на два года – 2006-2007 г.г.

УДК 556.18 (262.83)

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ РЕКИ АМУДАРЬЯ

М. Р. Икрамова

САНИИРИ, Ташкент, Республика Узбекистан

Эффективное и надёжное управление водными ресурсами способствует уменьшению риска, связанного с дефицитом воды. Чтобы обеспечить устойчивое управление водными ресурсами необходимо получить надёжную информацию об имеющихся водных ресурсах, количество которых связано с человеческой деятельностью, глобальными и локальными климатическими изменениями, затрагивающими гидрологический режим. Для оптимального планирования водораспределения необходимо использовать достоверную информацию об истинных потребностях в воде в рамках ирригационных районов.

Для решения проблем, изложенных выше, по реке Амударья ведется работа по проекту «Управление рисками межгосударственных водных ресурсов: навстречу устойчивому будущему для Аральского бассейна» (Джайхун), который финансируется 6-Рамочной Программой Еврокомиссии.

Основной целью проекта является разработка новых экономически приемлемых и экологически эффективных подходов в управлении водными ресурсами при их дефиците в бассейне реки.

Для достижения цели предусматривается решить следующие задачи:

- собрать, обобщить и систематизировать всю имеющуюся на данный момент информацию о гидрологическом режиме реки, включая режим работы водохранилищ (ТМГУ и Нурек), водозаборы из рек и сбросы в них возвратных вод;
- выполнить модельные исследования, в которых собранная информация послужила бы исходными данными;
- определить оптимальные требования речных бассейнов на воду с учётом текущих преобразований в сельскохозяйственном секторе в регионе;
- разработать эффективную технологию удовлетворения существующих и перспективных требований на воду с приоритетом хозяйственно-питьевой составляющей;
- разработать практические рекомендации и оценить их экономическую и экологическую эффективность.

Проект «ДЖАЙХУН» объединяет технические инструменты и ноу-хау европейских партнеров со знанием управления больших речных бассейнов. Для создания многопрофильной и высоко квалифицированной команды были привлечены ученые Ганноверского университета, института водных проблем АН России и Таджикистана, Среднеазиатского научно-исследовательского ин-

ститута ирригации, Бассейнового водохозяйственного объединения «АМУДАРЬЯ», института исследований и развития Франции, Сосхэмптонского Университета и Алматинского института инженеров энергетики и телекоммуникации.

Изучение вопроса показало, что существуют значительные расхождения в информации об объеме водных ресурсов, ёмкости водохранилищ, объем которых уменьшается из-за заиления их чаш, в результате чего существенно осложняется процесс регулирования речного стока, а серия маловодных лет оставляет низовья рек без того минимального объёма воды, который необходим для ирригационных и экологических целей. Дополнительно отметим, что в настоящее время всё ещё не осуществляется в должной мере синхронизация эксплуатационного режима водохранилищ. Настоящий проект призван ликвидировать эти недостатки на базе практических рекомендаций, основанных на результатах логически выверенного анализа текущей гидрологической ситуации в годы с различной водностью.

Работа предназначена на заполнение ряда важных пробелов в этих знаниях. Это позволяет изучить будущие стратегии управления водными ресурсами в следующих рабочих пакетах и оценить уровень риска различными стратегиями управления (рис.1).

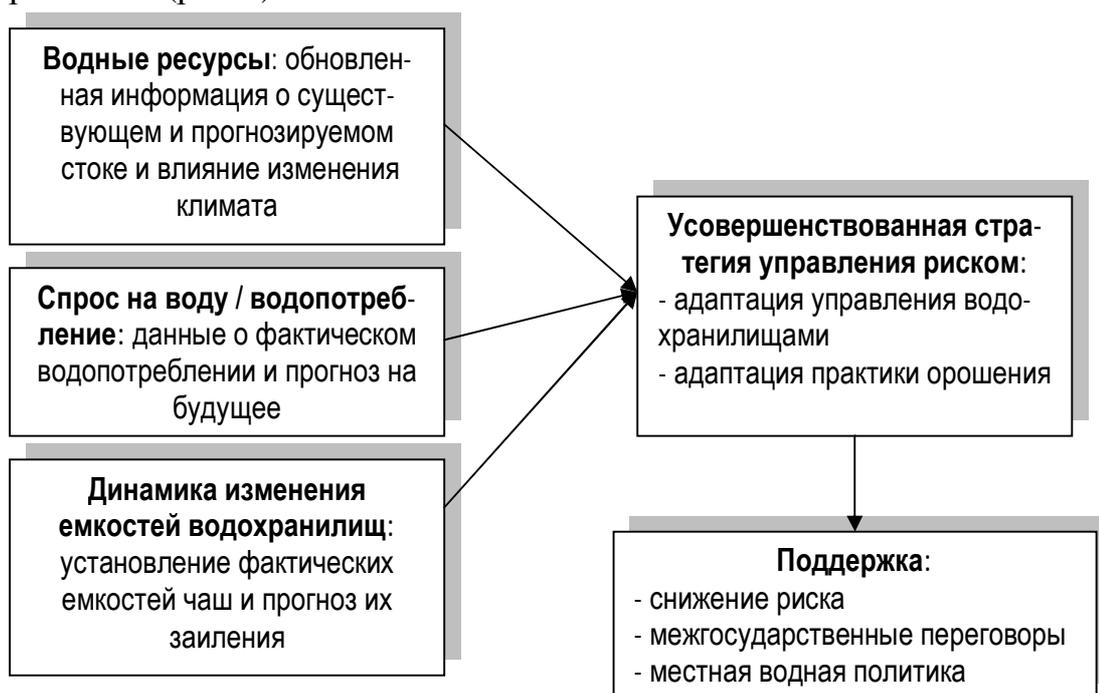


Рисунок 1 - Основные этапы и ожидаемые результаты

Результаты этих пакетов работ дадут ясную картину о величине проблем и вопросов, но они не обеспечат нас количественной оценкой бассейна в целом, без которой информация не может быть использована для управления водой в пределах бассейна. Это будет достигнуто сопоставлением полученных данных по уровню бассейна, используя математическую модель бассейна, которая будет оценивать общее состояние водных ресурсов бассейна. Аналогично, потенциал для водосбережения путём улучшения управления, может быть исследо-

ван только на ограниченном числе орошаемых массивов, и результаты будут адаптированы по бассейну, позволяющие установить общее влияние и возможные устойчивые стратегии управления.

Организация взаимодействия рабочих пакетов (РП) представлена на рисунке 2. РП-1 обеспечивает общую организацию проекта. Особое внимание в этой области работ направляется на тесный взаимообмен информационного потока между партнёрами. Здесь, объединение имеющегося опыта между СНГ и ЕС партнёрами рассматривается как одна из основных задач. Общая тема, связавшая сессии и состава РП позволит объединить различные подходы, информацию доступную или в виде определённой очередности, в которой необходимая информация должна быть собрана и распространена.

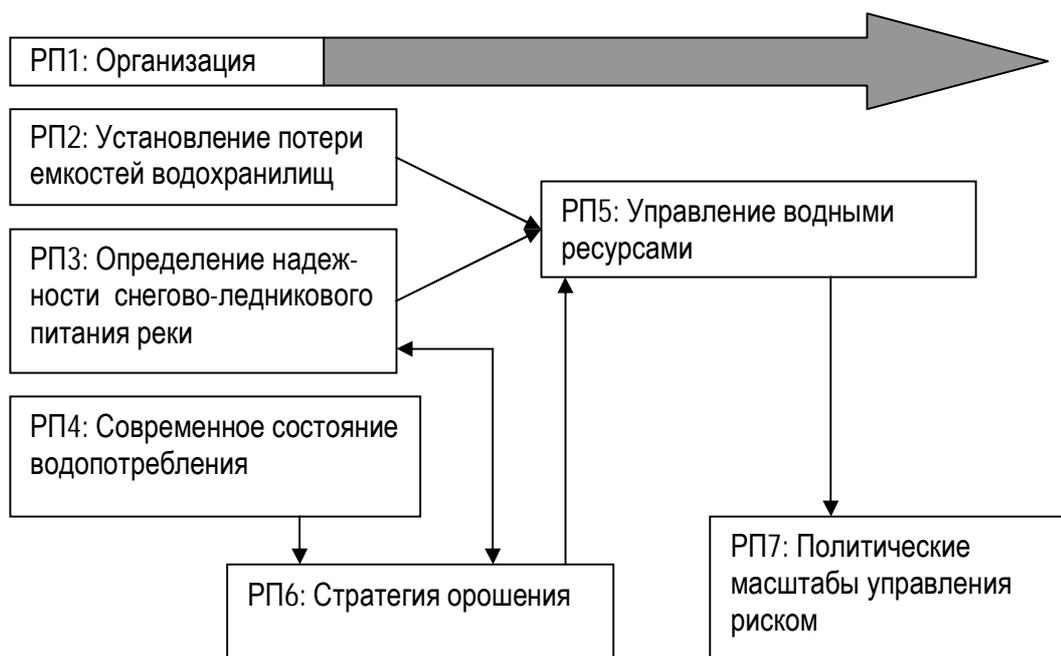


Рисунок 2 - Организация взаимодействия рабочих пакетов

Основной задачей РП2 является обеспечение достоверной информацией по водохранилищам и их ёмкостям по данным батиметрических исследований, поскольку существующие оценки, как известно, являются сильно искаженными. Батиметрические исследования для расчета заиления включают использование доступного программного обеспечения. Это послужит основой для прогноза последующего заиления. Автоматические датчики, установленные для записи краткосрочной динамики мутности и определения состава наносов, обеспечивают текущей фактической информацией для оценки и управления заилением, а также для разработки встречной стратегии для уменьшения будущих потерь ёмкости водохранилищ.

Изучение верховьев Амударьи выполняется, главным образом, на Нурекском водохранилище путем промеров его чаши и мониторинговой станции. В низовьях работа будет сосредоточена на водохранилищах ТМГУ, из-за его жизненно важной роли для водоснабжения области дельты Амударьи.

РПЗ охватывает два основных направления: с научной точки зрения принятый пересмотр существующего стока за период времени и планирование будущего гидрологического развития. Будущие изменения в формировании стока будут развиты, используя главным образом предыдущий опыт с моделью SANIGMI, выполняя исследования и моделируя сценарии, связанные с продукцией Had Global Circulation Model.

В рамках РП4 определяются реальные потребности в воде, в основном, в направлении потенциальной экономии воды и в пределах трансграничного распределения воды. В то время, как водные потери составляют более чем 50% потребности, есть возможности для того, чтобы требовать большего количества воды различными прибрежными пользователями. Обеспечение информацией относительно реальных водных потребностей после применения разумной экономии усилит положение в будущем распределении водных ресурсов.

Кроме того, определена и рассмотрена экономическая выгода от будущего производства урожая и экономическая выгода, следующая из рационального водораспределения. Здесь включены такие аспекты качества воды, как минерализация и заканчивающаяся потерями урожая и проблемах засоленности почвы. ГИС базы данных, разработанная в рамках проекта, стимулирует прозрачность в межгосударственном диалоге.

В рамках пакета управления водным ресурсом - РП5 - определяется прогнозирование водных ресурсов, позволяющее разработать адекватные стратегии управления риском и учитывающее секторные потребности в воде. В особенности учитываются потребности в воде для оптимального функционирования экосистемы и поставки питьевой воды. Поэтому это также относится к аспектам качества воды, таким как солёность и транспортировка взвешенных частиц. Пакет состоит из базы данных, инструментов моделирования и последующей обработки.

Вложенные инструменты моделирования включают речной модуль и модуль бассейна. Их развитие использует в своих интересах существующие, проверенные и улучшенные образцовые системы типа AralMod (обеспечение в режиме реального времени массовой модели «река-бассейн», баланса для речных, главных водохранилищ и ирригационных областей, рассмотрение гибких шагов времени каждые 6 дней в течение 20 лет), ТМГУ модель как действие мульти-бассейна и модель качества воды водохранилища, разработанная для водохранилища Капарас Тюямуюнского комплекса.

Пакет управления водой содержит водные аспекты управления, связанные с различными масштабами времени: ежедневное или еженедельное действие инфраструктуры, планирование распределения в течение текущего водного года, прогнозирование короткой готовности срока (например, 24 месяца) и долгосрочных исследований, включающих изменение климата и глобальные воздействия.

Фактические изменения, полученные от станции измерения стока воды, уровней водохранилища, необходимы для описания дефицита воды в засушливые периоды и излишки в период паводков, дефицита энергии, ирригационной деятельности и качества воды.

Для достижения практической применимости пакета управления водными ресурсами необходимо обеспечить последующую обработку, которая ассимилирует числовые результаты к общей информации. Последующая обработка относится к нескольким уровням интереса. Технический уровень обеспечит информацию, которая требуется для технического планирования и действия. Управление или уровень принятия решения обратятся к поддержке встречам и межгосударственным диалогам о будущем распределении воды и управлением риском. Это будет включать развитие определённых информационных уровней и требуемой степени информационного накопления.

Инструменты, обеспеченные в РП5, используются в РП6 вместе с результатами предыдущего РП, чтобы развить адекватные стратегии управления риском.

В рамках РП7 межгосударственные семинары будут проведены, как один из главных инструментов, получающих межнациональную обратную связь и определяющие расходящиеся интересы, которые будут рассмотрены в разработке адекватных стратегий управления риском.

Литература

1. Froebrich, J., Kayumov. O. (2004): Water management aspects of Amu Darya, Options for future strategies, in: J.C.L. Nihoul et al. (eds.) Dying and Dead Seas, 49-76, Kluwer Academic Publishers.
2. Froebrich, J., Kayumov. O. (2003): Development of integrated water management tools for the Tuyamuyn Hydrocomplex (Amu Darya delta region), Aral Sea Basin Conference in Bukhara – Uzbekistan (4 – 8 April 2003)
3. Ikramova M. Using water transfers to provide safe drinking water in the Aral Sea region – Uzbekistan. U.S. Committee on Irrigation and Drainage, 24-28 May, Colorado, Denver, USA, 2001.
4. Ikramova M, Kayumov O. Development operative measurements against water shortage in the Amudarya river lowers. Global changes, sustainable development and management in Central Asia. International workshop organized by UNDP, Tashkent, 20-22 January 2004.

УДК 631.6: 628.31

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ В МЕЛИОРАЦИИ

С.Я. Безднина, Е.В. Овчинникова

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Водные мелиорации являются одним из крупнейших потребителей водных ресурсов и весьма значимым источником загрязнения поверхностных и подземных вод. По данным Государственных докладов "О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации" за последние годы объем дренажных вод снизился с 10 до 4,7 км³ в год. Коллекторно-дренажные воды содержат различные соли, биогены, тяжелые металлы и другие загрязняющие вещества, оказывающие вредное воздействие на окружающую среду: поверхностные и подземные воды, почвы, сельскохозяйственную продукцию.

Основные факторы, определяющие объем и химический состав дренажных вод гидромелиоративных систем условно можно разделить на две группы: природные и антропогенные. К природным факторам относятся: природно-климатические условия; степень естественной дренированности; геофильтрационное строение зоны аэрации и водонасыщенной зоны; геомиграционное строение зоны аэрации и водонасыщенной зоны (степень и характер засоления, загрязнения). К антропогенным факторам относятся: система производства сельскохозяйственной продукции на мелиорируемых землях; режим орошения и технология полива; тип, параметры и режим работы дренажа; качество оросительной воды (минерализация, химический состав, загрязненность) /1/.

Важным этапом экологизации водоотведения в мелиорации является реализация комплекса превентивных мероприятий, направленных на снижение безвозвратного водопотребления, минимизацию объемов и загрязненности коллекторно-дренажных вод.

Снижение безвозвратного водопотребления. В орошаемом земледелии безвозвратные потери достигают 60 % и превышают аналогичные объемы в других отраслях народного хозяйства. Вода является одним из основных средств производства сельскохозяйственной продукции на орошаемых землях и от количества и качества используемой для орошения воды, технологии полива зависит формирование мелиоративного режима, объема и химического состава коллекторно-дренажных вод, плодородия почв, урожайности и качества сельскохозяйственной продукции. Сокращение оросительных и поливных норм способствует экономии водных ресурсов, снижению инфильтрационных потерь на орошаемых землях и объема коллекторно-дренажных вод, замедляет или предотвращает подъем уровня подземных вод, развитие процессов засоления и осолонцевания, снижение плодородия почв. Вместе с тем, минимизация инфильтрационных потерь отодвигает сроки строительства технического дренажа и позволяет рассматривать возможность использования биологического дренажа. Исследования и мероприятия, направленные на экономию оросительной воды, осуществляется в различных странах мира и в России. Установлено, что оросительная норма может быть снижена в 1,3 - 2 раза по сравнению с биологически оптимальной, соответствующей уровню урожая, близкому к биологическому потенциалу сельскохозяйственной культуры. Урожайность культуры при этом уменьшается на 5 - 15 % по сравнению с максимальной. Применение дифференцированных режимов орошения в соответствии с обеспеченностью атмосферными осадками, влагозапасами в почве и фазами развития сельскохозяйственных культур позволяют снизить оросительные нормы во влажные годы в 2,4 - 4,3 раза по сравнению с сухим годом.

Снижение потерь воды в оросительной сети и на орошаемых землях является одним из важнейших мероприятий **по снижению объема коллекторно-дренажных вод.** Строительство закрытых трубопроводов и каналов в противофильтрационной облицовке, эксплуатационные мероприятия позволяют повысить КПД оросительной сети до 0,8 - 0,9 и значительно сократить потребление воды из источника орошения.

Сокращение потерь воды на орошаемых землях осуществляется совершенствованием технологии полива. В южных районах России в основном используется поверхностный полив. Совершенствование технологии полива по бороздам с целью уменьшения потерь воды и ирригационной эрозии развивается в направлении уменьшения длины борозд, увеличения расстояния между бороздами, дискретной подачи поливных струй в борозды с переменным во времени расходом в зависимости от уклона местности. В сухостепной и лесостепной зонах орошение осуществляется преимущественно дождеванием. При поливе дождеванием снижение потерь воды, эрозии почв и поверхностного стока достигается уменьшением интенсивности дождя, поливом в ночное время суток.

Таким образом, совершенствование режимов орошения и технологии полива, максимальное использование естественных влагозапасов способствуют снижению безвозвратного водопотребления в орошаемом земледелии, позволяют экономить водные ресурсы, уменьшить эрозию почв, поверхностный сток, потери на инфильтрацию и суммарное испарение. Реализация этих мер позволит снизить потребность в дренаже, объем коллекторно-дренажных вод и, соответственно, опасность загрязнения поверхностных и подземных вод.

Повышение качества коллекторно-дренажных вод. Для безопасного сброса или внутрисистемного использования коллекторно-дренажных вод на орошение необходимо осуществление мероприятий по повышению качества коллекторно-дренажных вод в соответствии с экологическими требованиями и ограничениями.

В современной практике для очистки загрязненных коллекторно-дренажных вод применяются различные методы: физические – дистилляция, вымораживание; химические – ионный обмен; физико-химические – электролиз, обратный осмос; сорбционные; биологические и биохимические методы.

Метод дистилляции основан на выпаривании соленой воды путем ее кипячения в замкнутом объеме и применяется для опреснения высоко минерализованных коллекторно-дренажных вод. Другим методом опреснения, связанным с изменением агрегатного состояния воды, является метод вымораживания. Сущность метода заключается в разделении минерализованной воды на две составляющие: кристаллы пресного льда и рассол, замерзающий при более низких температурах [2]. Технология включает разбрызгивание очищаемой (вымораживаемой) дренажной воды с помощью специальных дальнеструйных дождевальными машин типа "Град" в зимний период при температуре ниже минус 5⁰ С. При разбрызгивании воды в факеле дождя происходит интенсивное льдообразование, которое продолжается и на поверхности земли. После фильтрации рассола, на поверхности формируется слой пористого льда, содержание которого в 2-10 раз ниже исходной минерализации дренажной воды. После таяния льда в весенний период пресная вода может быть использована для орошения или других целей. Метод естественного вымораживания применим в районах севернее 40⁰ широты. Выход опресненной воды около 50%.

Технология деминерализации дренажно-сбросных вод методом ионного обмена с использованием в качестве ионитовой загрузки специальных ионно-обменных смол позволяет осуществлять обессоливание дренажных вод непосредственно на гидромелиоративной системе. Технологическая схема включает накопительно-регулирующую емкость для сбора дренажного стока, откуда он поступает в деминерализационную галерею, состоящую из системы последовательно расположенных фильтров: песчано-гравийного для очистки от твердых примесей; фильтра для очистки от пестицидов, фульво- и гуминовых кислот (пакеты волокнистого материала, обработанного глиноземом или другими естественными сорбентами) и последовательно расположенных ионообменных фильтров, заполненных соответственно ионообменным катионитом и слабоосновным анионитом. Очищенная вода аккумулируется в накопительной емкости и с помощью насосов подается в оросительный канал /2/.

Метод обратного осмоса основан на явлении осмотического переноса - способности полупроницаемых мембран пропускать молекулы воды и задерживать ионы солей. При этом исходная вода под большим давлением продавливается через осмотические мембраны - молекулярные сита, сквозь которые проходит пресная вода - фильтрат, а соли остаются в исходной воде - рассол-концентрат. Крупнейшая в мире станция опреснения дренажных вод с использованием процесса обратного осмоса построена в США на границе с Мексикой в 8 км от города Юма - на реке Колорадо. Проектная производительность Юмской опреснительной станции – 275 тыс. м³ пресной воды в сутки, для получения которой перерабатывается 390 тыс. м³ дренажной воды с минерализацией 3 г/л /Депью Дж. У., 1994/. В процессе очистки задерживается более 90% солей, в результате на выходе соленость воды не превышает 0,3 г/л. Опресненная вода смешивается с дренажной для понижения концентрации солей до требуемого уровня и сбрасывается в р. Колорадо.

Биологические методы очистки основаны на способности организмов зообентоса (бактерий, рачков и др.) и фитоценозов высшей и низшей водной растительности в процессе жизнедеятельности поглощать, включать в свой обмен веществ, минерализировать, деструктировать и аккумулировать различные загрязняющие вещества органического и неорганического происхождения. Сооружения для биологической очистки могут быть разделены на сооружения, в которых очистка происходит в условиях близких к естественным процессам самоочищения, и инженерные, в которых процесс очистки осуществляется в искусственно созданных условиях.

Среди методов биологической очистки значительное место занимают методы и технологии, в основе которых лежит использование очистительной способности водорослевых образований – микрофитов и высших водных растений – гидромакрофитов. К числу таких сооружений относятся: биологические пруды, биологические плато (биоплато), фитофильтрационные устройства, ботанические площадки, а также биоинженерные сооружения типа биоплато.

На Украине разработан водоохраный комплекс, состоящий из двухкаскадной системы специальных прудов - отстойника-деструктора и стабилизатора, для защиты от загрязнения р. Кума и повторного использования очищенных

дренажных вод на орошение /Воронкин А.С. и др., 1984/. Очистка дренажно-сбросных вод в деструкторе осуществляется биоценозом активного ила в течение не менее 24 часов. Скорость течения очищаемой воды 10 мм/с. Слой активного ила составляет 0,3 - 0,5 м. Качество воды в пруду-стабилизаторе достигает заданных показателей.

В Татарии проведенные производственные опыты по очистке воды от биогенов показали, что система, состоящая из 2,5 км участка водотока и двух последовательных биологических прудов с культивируемыми высшими водными растениями, обеспечила снижение на 99 % всех неорганических форм азота и 90 - 95% фосфора. Общее солесодержание снизилось с 1577 до 940 мг/л /Морозов Н.В., 1988/.

Технология очистки дренажно-сбросного стока от пестицидов на гидробиотанической площадке разработана в Узбекистане. Сооружение представляет собой канал длиной 100 м, построенный параллельно коллектору и разделенный на 5 секторов, в каждом из которых в качестве биофильтров были высажены следующие виды гидромакрофитов: тростник обыкновенный, пистия и гиацинт, рогоз малый, уруть, роголистник. Экспериментальные исследования показали, что при прохождении через канал с гидромакрофитами искусственно загрязненных пестицидами коллекторно-дренажных вод концентрация α ГХЦГ снизилась в 86 раз, γ ГХЦГ – в 45, ДДЕ – в 21 и ДДТ – в 2 раза /Рузиев И.Б., 1990/.

Биоинженерные сооружения типа инфильтрационного биоплато используют очистительную способность высших водных растений в сочетании с деструктирующей деятельностью микроорганизмов. Поток очищаемой воды сначала проходит горизонтально сквозь заросли высших водных растений, затем - вертикально через корнеобитаемый слой грунтов, насыщенный колониями гетеротрофных анаэробных микроорганизмов. При испытании инфильтрационного биоплато, проведенном на опытном полигоне в районе Орельковского водохранилища (канал Днепр-Донбасс) для очистки дренажных вод, получены следующие результаты: за первые трое суток снижение азота по аммиаку составило 80 -95%, по нитратам - 85-97% /Магмедов В.Г., 1986/.

Во ВНИИГиМ авторами разработаны экологически безопасные, малоэнергоемкие технологии и конструкции сооружений биохимической очистки и регулирования качества коллекторно-дренажных вод с целью экологически безопасного отведения коллекторно-дренажных вод в водные объекты. Технологии основаны на сочетании очистительной способности высших водных растений, трав, аналогичных свойств грунтов, микроорганизмов, предназначены для снижения содержания токсичных солей (хлоридов, сульфатов, карбонатов, гидрокарбонатов), биогенов, тяжелых металлов, пестицидов и других загрязняющих веществ. Технология биохимического регулирования качества коллекторно-дренажных вод дополнена блоком кондиционирования (химической мелиорации воды) с целью экологически безопасного, внутрисистемного использования коллекторно-дренажных вод для орошения. Исследования, проведенные на модели сооружения биохимической очистки в гумидной зоне, показали,

что снижение содержания нитратов, нитритов, аммония, тяжелых металлов и пестицидов достигает 50-100 %, хлоридов и сульфатов – 40-50 %.

Таким образом, для экологически безопасного водоотведения в мелиорации необходима реализация комплекса инженерно-технических мероприятий, направленных на обеспечение снижения безвозвратного водопотребления, минимизацию объемов коллекторно-дренажных вод и повышение качества минимизированного объема коллекторно-дренажных вод.

Литература

1. Безднина С.Я. Экологические основы водопользования. -М.: ВНИИАгро-химии, 2005.
2. Пособие по очистке и утилизации дренажно-сбросных вод. Под ред. Л.В.Кирейчевой. - М.: "Россельхозакадемия", 1999.

УДК 658:556 (470.57)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

О.В. Воеводин, Л.А. Воеводина

ОАО ПИИ «Башгипроводхоз», Уфа, Россия

К началу XXI века проектно-изыскательский институт «Башгипроводхоз» обрел второе рождение. Поиск новых творческих решений и напряженный труд по их воплощению, гибкая ценовая политика, отлаженные связи с заказчиком, значительное расширение рынка проектно-изыскательских услуг – все это позволило в короткие сроки вывести институт на новые рубежи при сохранении коллектива. На сегодняшний день в организации работают более ста сотрудников, имеющих возможность постоянно совершенствовать свои навыки через освоение новых технологий в изысканиях и проектировании. Полным ходом идет перевооружение и модернизация технических средств подразделений института. В настоящее время все они оснащены новой оргтехникой и современным программным обеспечением, позволяющим в кратчайшие сроки выполнять все трудоемкие расчеты и осуществлять построение графических материалов. Разрабатываются узкоспециализированные программные продукты, обеспечивающие повышение производительности труда. Изыскательские отделы оснащены современными электронными тахеометрами и высокоточными спутниковыми системами привязки к местности GPS. Пополнен парк буровых установок. В краткосрочных планах стоит переоснащение химической лаборатории современным оборудованием для проведения анализов воды и почвы. Приведены в порядок библиотечные и архивные фонды. Ведется подписка на периодические издания, а также обновление научно-технической, нормативной и методической литературы. Для пополнения информационного фонда также используются Интернет-ресурсы.

В настоящее время проектно-изыскательский институт «Башгипроводхоз» - это опытный и сплоченный коллектив, высокая квалификация и богатые традиции которого позволяют выполнять работы любого уровня сложности к числу которых относятся:

- обоснование инвестиций;
- изыскания инженерно-геодезические, инженерно-геологические, инженерно-экологические, инженерно-гидрометеорологические, почвенно-мелиоративные;
- строительное проектирование и конструирование (строительство, реконструкция, капитальный ремонт водохозяйственных и мелиоративных объектов);
- проектирование гидротехнических сооружений и их комплексов, оросительных и осушительных систем, лиманов, инженерных сетей и систем, мини-ГЭС, водяных мельниц, объектов сельскохозяйственного водоснабжения, природоохранных объектов, в том числе полигонов твердых бытовых отходов (ТБО), лесных защитных насаждений, мостов, автомобильных дорог, производственных баз, фундаментов, строительных конструкций, узлов и деталей;
- разработка мероприятий противопаводковых, берегоукрепительных и руслорегулирующих, инженерно-технических от затопления и подтопления, по коренному улучшению земель и их окультуриванию;
- разработка специальных разделов проекта (охрана окружающей среды, оценка воздействия на окружающую среду, инженерно-технические мероприятия гражданской обороны, мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций, декларации безопасности гидротехнических сооружений, установление водоохраных зон и прибрежных полос озер, рек, прудов водохранилищ);
- контроль качества работ;
- осуществление функций генерального проектировщика;
- проектный инжиниринг.

Результатом работы последних лет института, стало:

- Акъярское водохранилище объемом 50 миллионов кубометров, площадь зеркала 743 гектара;
- Сакмарское водохранилище объемом 30,6 миллионов кубометров, площадь зеркала 580 гектар;
- участие в реализации государственной программы «Питьевая вода (сельские населенные пункты)»;
- водяные мельничные комплексы в Кармаскалинском, Салаватском, Кугарчинском, Хайбуллинском районах республики Башкортостан;
- участие в реализации республиканской программы строительства объектов малой энергетики, миниГЭС мощностью 50 – 100 кВт на реконструируемых прудах и водохранилищах в Белорецком (на реках Тирлян, Кага, Авзян, Узян), Зилаирском (на реке Зилаир) и Баймакском (р. Сакмар) районах;

- полигоны твердых бытовых отходов в городах и административных центрах республики – Дюртюли, Белорецк, Мишкино, Ермакеево и др.;
- возрождение озер Солдатское и Кашкадан в черте города Уфы;
- укрепление берегов рек Уфимки, Ик в городах Уфе и Октябрьском.

И это далеко не полный перечень проведенных работ с участием специалистов института. Однако современные условия не позволяют останавливаться на достигнутом, особенно в условиях интеграции России с мировой хозяйственной системой. Наша задача – свести потери к минимуму, укрепить экономику организации, научиться производить и предоставлять по-настоящему конкурентоспособные продукцию и услуги, а это невозможно без системной работы в области качества.

Качество – это один из главных показателей, который определяет успех, поэтому руководство института приняло решение о создании эффективной системы управления качеством в соответствии с требованиями стандартов ИСО серии 9000.

Несомненно, не будет сделан полный отказ от существовавшей комплексной системы управления качеством продукции (КСУКП). Произведенный анализ КСУКП и системы менеджмента качества (СМК) показал сходство некоторых позиций, которые можно использовать во вновь внедряемой системе качества.

Внедрение стандартов ИСО серии 9000 даст нашей организации следующие преимущества и выгоды:

- наглядность (управляемость) административных и технологических процессов предприятия;
- рационализация организационной структуры управления;
- обеспечение и улучшение воспроизводимого качества продукции и услуг;
- уменьшение объема «скрытого производства», то есть выполнение работ, связанных с устранением брака, переделками и доработками;
- оптимальное удовлетворение запросов заказчиков;
- предупреждение претензий, связанных с ответственностью за продукцию (услуги);
- быстрая адаптация к изменениям требований и ожиданий заказчиков;
- децентрализация, то есть четкое перераспределение ответственности за качество между всеми сотрудниками организации;
- повышение конкурентоспособности организации и, как следствие, расширение внутреннего рынка в сфере проектно-изыскательских работ;
- улучшение экономических показателей деятельности (рост прибыли, повышение производительности и рентабельности, уменьшение затрат на устранение рекламаций).

Реализация стандартов ИСО предполагает, что в процесс обеспечения качества должен быть вовлечен весь персонал организации, при этом каждый работник должен нести ответственность за результаты своей деятельности в области качества. Внедрение стандартов – трудная, но интересная работа, поскольку сопряжено с необходимостью приобретения новых знаний и навыков, с

освоением прогрессивных методов работы. Для многих специалистов – это творческая работа, дающая возможность перейти от лозунгов и призывов «делать качество» к использованию приемов и методов, основанных на логике здравого смысла и достижениях мировой науки.

Руководством ПИИ «Башгипроводхоз» для эффективного внедрения системы качества определен необходимый персонал, возложена ответственность за разработку, внедрение документов системы качества, а также обеспечение функционирования системы качества. В организации назначены и приступили к своим обязанностям:

- представитель руководства по качеству;
- руководитель проекта разработки и внедрения системы качества (руководитель службы качества);
- Совет по качеству;
- служба качества;
- представители (ответственные) по системе качества в подразделениях организации.

Следует подчеркнуть, что новым органом в организационной структуре, является только служба качества. В другие органы входят руководители и высококвалифицированные специалисты организации, на которых возлагаются дополнительные обязанности.

Основная масса сотрудников прошла обучение по программе «Международные стандарты ИСО серии 9000. Организация разработки и внедрения систем менеджмента качества в проектных, изыскательских и строительных организациях». Создана из штата сотрудников и прошла обучение группа внутренних аудиторов.

Высшим руководством разработана политика и определены цели в области качества для организации в целом и для каждого соответствующего подразделения отдельно.

К своему завершению подходят работы по обеспечению систем менеджмента качества (СМК) нормативной документацией, вносятся последние штрихи в наладку инфраструктуры организации. Внедряемая система уже приносит первые плоды, неизбежно подводя организацию к успешной сертификации СМК.

Сертификация СМК, применяется в целях подтверждения выполнения в организациях требований стандарта ГОСТ Р ИСО и является логическим следствием внедрения СМК. Наличие сертифицированной системы позволяет предприятию:

- повысить престиж и имидж организации в глазах потребителей, партнеров, инвесторов, общества и как следствие рост заказов и увеличение объемов работ;
- побеждать в конкурентной борьбе;
- получать льготные кредиты;
- получать государственные, муниципальные или городские заказы на производство работ и услуг.

В заключении к вышесказанному можно сделать следующие выводы и обобщения:

1. Российская Федерация, вступая в очередной этап развития, формирует новый перечень требований и условий, соблюдение которых напрямую сказывается на успешном функционировании организаций, в том числе и организаций водохозяйственного комплекса.

2. Внедрение системы менеджмента качества способствует совершенствованию организационно-управленческих позиций, способствующих постоянному развитию организации.

3. Сертификация систем менеджмента качества дает возможность приобретения дополнительных преимуществ в честной конкурентной борьбе за получение заказов.

УДК 556.16(571.6)

РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ КОЭФФИЦИЕНТОВ АСИММЕТРИИ И АВТОКОРРЕЛЯЦИИ В РЯДАХ ВЕЛИЧИН РЕЧНОГО СТОКА

С. А. Гавриков

ФГУП «ДальНИИГиМ», Владивосток, Россия

Данные о коэффициенте асимметрии C_s (или о его отношении к коэффициенту вариации C_s/C_v) требуются для определения обеспеченных значений расчетных характеристик стока с помощью аналитических функций распределения вероятностей, а о коэффициенте автокорреляции между смежными членами ряда $r(1)$, а также об отношении C_s/C_v – для учета систематических и оценки случайных погрешностей расчетных гидрологических характеристик. Оба этих параметра для годового стока требуются также для определения многолетней составляющей емкости водохранилища при расчетах многолетнего регулирования стока обобщенными методами.

Имеющиеся даже наиболее длинные периоды наблюдений не позволяют надежно оценивать параметры C_s/C_v и $r(1)$ по наблюдаемым индивидуальным стоковым рядам, так как велики случайные погрешности оцениваемого параметра, которые часто превышают само значение оценки параметра. Поэтому в настоящее время расчетные значения C_s/C_v и $r(1)$ определяются как среднее из значений, установленных по данным группы рек с наиболее продолжительными наблюдениями за рассматриваемой гидрологической характеристикой в гидрологически однородном районе [11].

Выделение таких районов для сложных по природно-климатическим условиям территорий, таких, например, как южная часть Дальнего Востока России – Средний и Нижний Амур, Приморье (рис. 1) – является довольно непростой задачей. При их выделении для рассматриваемой территории автором использован опыт параллельных гидрологических обобщений по таким характеристикам стока, как годовой, его внутригодовое распределение, максимальный,

минимальный летний и зимний [1]. По данным гидрологических постов с наиболее длинными и непрерывными периодами выделено пять физико-географических зон и областей, однородных по условиям, влияющим на C_s/C_v и $r(1)$ годового стока, максимального, минимального летнего и минимального зимнего стока (первоначально, для годового и минимального стока [2]). Эти районы и соответствующие им оценки C_s/C_v и $r(1)$ для годового, минимального летнего и минимального зимнего, а также максимального стока приведены на рисунке 1 и в таблицах 1 и 2.

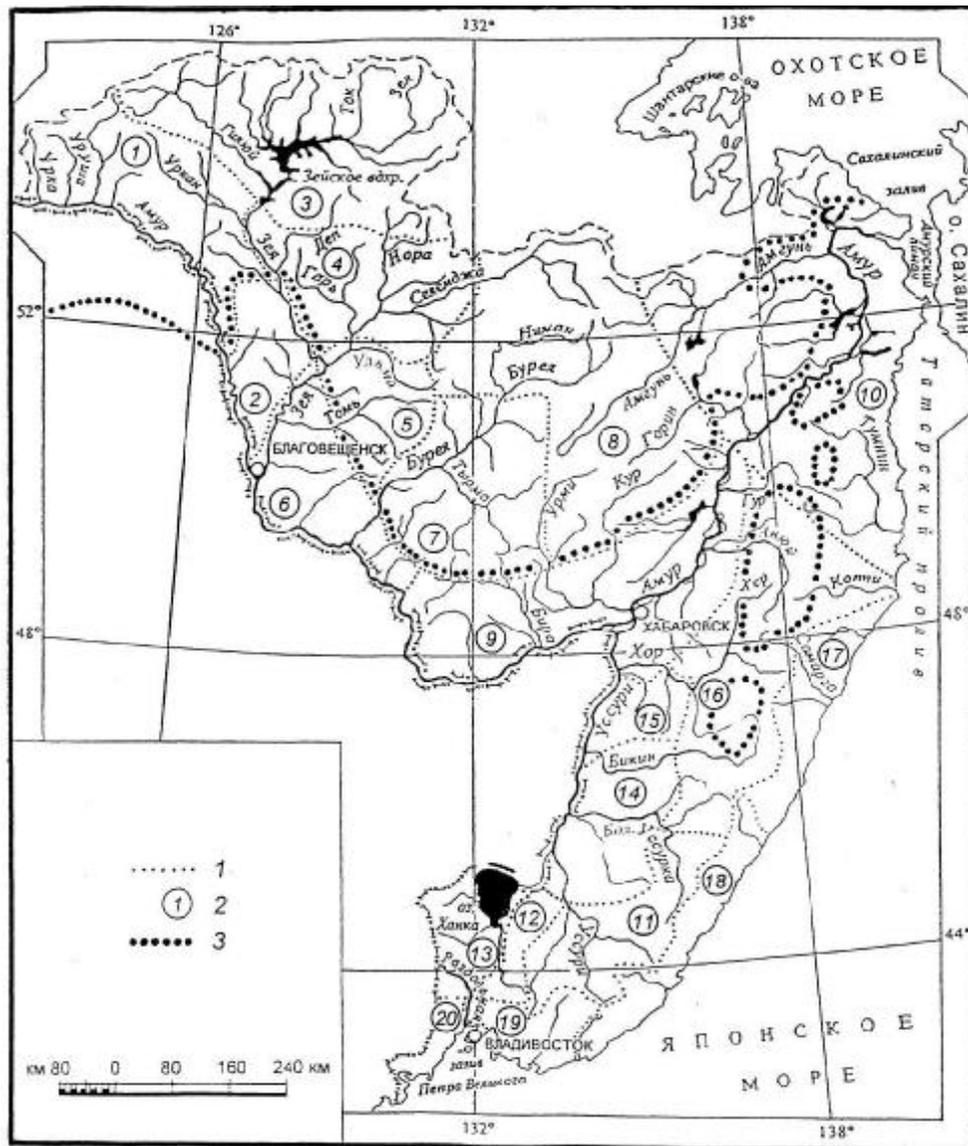


Рисунок 1 - Карта гидрологических районов и распространения многолетней мерзлоты на юге Дальнего Востока России:

1 – граница района (районы с синхронным появлением типов внутригодового распределения стока [1]); 2 – номер района; 3 – южная граница зоны многолетней мерзлоты (по [5] и [12])

Для пользования таблицей 2 значение среднего многолетнего модуля минимального месячного зимнего стока $\bar{q}_{м.з}$ в л/(с·км²) приближенно определяется по данным ежегодного измерения расхода воды в заданном створе в период самого низкого зимнего стока (в январе, феврале или марте) для 3-4 зим. Значение среднего многолетнего модуля годового стока \bar{q} в л/(с·км²) определяется по изученной реке-аналогу, имеющей питание напорными подземными водами.

Таблица 1 - Рекомендуемые расчетные значения отношения коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации C_s / C_v и коэффициента автокорреляции между смежными членами стокового ряда $r(1)$, для неозерных рек, не подверженных существенному влиянию аномальных для данного района физико-географических условий и хозяйственной деятельности

| Номер зоны, области | Номера районов по рисунку и отличительный признак территории | C_s / C_v | | | | | $r(1)$ | | | |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------|--------|-------------------------------------|-------------|--------------|------------------|--------|----------------------------------------------------------|
| | | годовой сток | минимальный сток | | максимальный сток дождевых паводков | | годовой сток | минимальный сток | | максимальные расход воды и объем стока дождевых паводков |
| | | | летний | зимний | расход воды | объем стока | | летний | зимний | |
| I | 1, 3, 4, 5, 7, 8 и области многолетней мерзлоты в районах 10 и 16. Зона и области сплошной и островной многолетней мерзлоты | 1,5 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 2,5 | 0,25 | 0,15 | 0,20 | 0 |
| II | 2, 6. Область устойчивой разгрузки в речную сеть напорных подземных вод (южные подрайоны Амурско-Зейского плато и Зейско-Буреинской равнины) | см. табл. 2 | | | | | см. табл. 2 | | | 0 |
| III | 9, 13. Зона неустойчивого увлажнения (Среднеамурская и Западно-Приморская равнины) | 2,0 | 2,5 | 2,0 | 2,5 | 2,5 | 0,25 | 0 | 0,20 | 0 |
| IV | 10, 14–17, кроме зоны и областей многолетней мерзлоты в районах 10 и 16. Зона слабой деятельности тропических циклонов (тайфунов) вне зоны и областей многолетней мерзлоты (Центральный Сихотэ-Алинь и северная часть Восточного Сихотэ-Алиня) | 1,5 | 2,5 | 1,5 | 3,0 | 2,5 | 0,10 | 0 | 0,20 | 0 |

| | | | | | | | | | | |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|------|---|
| V | 11, 12, 18, 19, 20. Зона деятельности тайфунов (южные части Центрального и Восточного Сихотэ-Алиня, Южный Сихотэ-Алинь и южная часть окраины Восточно-Маньчжурского нагорья) | 2,5 | 3,0 | 1,5 | 3,0 | 2,5 | 0 | 0 | 0,25 | 0 |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|------|---|

Таблица 2 - Рекомендуемые расчетные значения отношения коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации C_s / C_v и коэффициента автокорреляции между смежными членами стокового ряда $r(1)$ для рек области II (см. табл. 1) в зависимости от отношения среднего многолетнего модуля минимального месячного зимнего стока к среднему многолетнему модулю годового стока $\bar{q}_{м.з} / \bar{q}$

| $\bar{q}_{м.з} / \bar{q}$ | Годовой сток | | Минимальный сток (месячный, 30-суточный, декадный, суточный) | | | | Максимальный сток дождевых паводков | |
|---------------------------|--------------|--------|--------------------------------------------------------------|--------|-------------|--------|-------------------------------------|-------------|
| | | | летний | | зимний | | расход воды | слой стока |
| | C_s / C_v | $r(1)$ | C_s / C_v | $r(1)$ | C_s / C_v | $r(1)$ | C_s / C_v | C_s / C_v |
| 0,00–0,02 | 3,0 | 0,25 | 3,5 | 0,25 | 2,0 | 0,25 | 2,5 | 2,0 |
| 0,03–0,07 | 3,5 | 0,30 | 3,5 | 0,30 | 2,0 | 0,25 | 3,0 | 2,5 |
| 0,08–0,12 | 3,5 | 0,35 | 3,5 | 0,35 | 2,0 | 0,30 | 3,0 | 2,5 |
| 0,13–0,18 | 4,0 | 0,40 | 3,5 | 0,40 | 2,0 | 0,35 | 3,5 | 3,0 |
| 0,19–0,23 | 4,0 | 0,45 | 3,5 | 0,50 | 2,5 | 0,40 | 3,5 | 3,0 |
| 0,24–0,29 | 4,0 | 0,50 | 4,0 | 0,55 | 2,5 | 0,45 | 4,0 | 3,5 |
| 0,30–0,34 | 4,0 | 0,55 | 4,0 | 0,60 | 2,5 | 0,50 | 4,0 | 3,5 |
| 0,35–0,39 | 4,5 | 0,60 | 4,0 | 0,65 | 2,5 | 0,55 | 4,5 | 4,0 |
| 0,40–0,45 | 4,5 | 0,65 | 4,0 | 0,70 | 3,0 | 0,60 | 5,0 | 4,0 |
| 0,46–0,50 | 4,5 | 0,70 | 4,0 | 0,75 | 3,0 | 0,60 | 5,5 | 4,5 |
| 0,51–0,55 | 4,5 | 0,75 | 4,5 | 0,80 | 3,0 | 0,65 | 5,5 | 4,5 |
| 0,56–0,60 | 4,5 | 0,80 | 4,5 | 0,85 | 3,0 | 0,70 | 6,0 | 5,0 |

Для зон I, III, IV и V групповые оценки параметров C_s / C_v и C_s для годового и минимального стока получены с проверкой гипотезы однородности объединяемых значений параметров C_s и $\tilde{r}(1)$ по методике [7, 9]: путем сопоставления эмпирических и теоретических кривых распределения $\tilde{r}(1)$ по критериям математической статистики. При этом использовались данные соответственно 25, 6, 14 и 19 гидрологических постов на 24, 6, 14 и 18 реках за 20–71, 24–42, 26–68 и 29–69-летние (в среднем 36, 35, 45 и 42-летние) периоды наблюдений.

Оценки несмещенного отношения коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации C_s / C_v и смещенного коэффициента автокорреляции $\tilde{r}(1)$ для этих зон определены из индивидуальных оценок этих параметров как средние взвешенные по объему ряда для рядов в пределах каждой из зон. Оценки отно-

шения коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации C_s/C_v для этих зон получены как несмещенные непосредственно, поскольку определялись по индивидуальным несмещенным оценкам этого параметра, определенным по методу приближенно наибольшего правдоподобия. Несмещенная групповая оценка коэффициента автокорреляции $r(1)$ для каждой из зон I, III, IV и V рассчитывалась по формуле А. В. Рождественского [8].

Выполнение групповой оценки коэффициента автокорреляции $\tilde{r}(1)$ по его значениям $\tilde{r}(1)$ для индивидуальных рядов с близкими по длине периодами наблюдений [6, 7], для юга Дальнего Востока неприемлемо, так как периоды наблюдений, близкие по длине, здесь часто близки и по срокам. А это заведомо приводит к следующим нежелательным эффектам: во-первых, к получению совокупности значений $\tilde{r}(1)$ с заниженной дисперсией, что делает оценку соответствия эмпирического распределения выборочных оценок $\tilde{r}(1)$ их теоретическому распределению необъективной; во-вторых, – к завышению или, наоборот, занижению оценки $\tilde{r}(1)$ по данным группы пунктов. Поэтому чтобы использовать наибольший объем эффективной независимой информации, коэффициенты автокорреляции определялись по рядам, различным по длине и срокам наблюдений. Для более эффективного и методологически корректного использования имеющихся данных наблюдений применялся прием получения групповой оценки смещенного коэффициента автокорреляции по его оценкам для индивидуальных рядов как среднее взвешенное значение по объемам имеющихся рядов.

Для выделяющейся по геологическому строению и гидрогеологическим условиям [4] области V использовались данные девяти гидрологических постов на девяти разных реках, имеющих в разной степени выраженное, характерное для данной области повышенное устойчивое питание напорными подземными водами. Периоды наблюдений по этим рекам – от 14 до 46 лет. Оценка репрезентативности коротких периодов, показавшая удовлетворительные результаты, выполнялась с применением метода скользящих n -летий при различном значении n по данным пунктов с наиболее продолжительными периодами наблюдений. Для отношения C_s/C_v и коэффициента автокорреляции $r(1)$ годового стока получены эмпирические уравнения регрессии соответственно:

$$(C_s/C_v) = 2,17(\bar{q}_{м.3}/\bar{q}) + 3,46; \quad (1)$$

$$r(1) = 0,925(\bar{q}_{м.3}/\bar{q}) + 0,257. \quad (2)$$

Парные коэффициенты корреляции r эмпирических зависимостей, отражаемых уравнениями (1) и (2), равны соответственно 0,65 и 0,87, а их средние квадратические ошибки – соответственно 0,20 и 0,08. Средние квадратические ошибки коэффициентов регрессии уравнений (1) и (2) равны соответственно 0,84 и 0,17; средние квадратические отклонения от регрессии – соответственно 0,45 и 0,09.

На основе уравнений (1) и (2), а также аналогичных уравнений регрессии для минимального летнего минимального зимнего и максимального стока составлена таблица 2. Несмотря на сравнительно невысокое значение r для зависимости параметра C_s/C_v от фактора $\bar{q}_{м.з}/\bar{q}$, эту зависимость (в форме табл. 2) рекомендуется использовать в качестве расчетной, так как для параметра C_s/C_v эмпирическая зависимость индивидуальных его оценок от какого-либо фактора, оцениваемая значением $r = 0,65$ (для годового стока), судя по имеющимся литературным данным [6, 10], является тесной. Для максимальных расхода воды и объема стока дождевых паводков эмпирическим зависимостям индивидуальных оценок параметра C_s/C_v от фактора $\bar{q}_{м.з}/\bar{q}$, соответствуют парные коэффициенты корреляции 0,67 и 0,62.

Данные таблицы 1 использовались при оценке состояния гидротехнических сооружений напорного фронта четырех водохранилищ для нужд орошения в Приморском крае при разработке деклараций безопасности сооружений [3].

Литература

1. Гавриков С. А. Инженерно-гидрологические основы решения водохозяйственных проблем юга Дальнего Востока// ДальНИИГиМ: Сб. науч. трудов. Вып. 14.– Владивосток, 2001. С. 129–157.
2. Гавриков С. А. Районирование юга Дальнего Востока России для оценки коэффициентов асимметрии и автокорреляции в рядах годового и минимального стока рек// Тез. докл. VI Всерос. гидролог. съезда.– СПб.: Гидрометеиздат, 2004. Секция 5. С. 179–180.
3. Гавриков С. А., Головин В. Л., Зверев А. В. Некоторые требования к оценке безопасности гидротехнических сооружений водохранилищ// Научно-технические проблемы мелиорации. Междунар. науч. конф. (Костяковские чтения): Материалы конф. 30 марта 2005 г.– М.: Изд. ВНИИА, 2005. С. 229–232.
4. Караванов К. П. Гидрогеологическое районирование Хабаровского края и Амурской области// Мерзлотно-гидрогеотермические и гидрогеологические исследования на востоке СССР.– М.: Наука, 1967. С. 165–175.
5. Кончакова А. И., Орлова А. М., И. Б. Райхлин И. Б. Схематическая карта распространения многолетней мерзлоты// Васьковский М. Г. Поверхностные и подземные воды// Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 18. Вып. 1. Верхний и Средний Амур.– Л.: Гидрометеиздат, 1966. С. 82.
6. Раткович Д. Я. Многолетние колебания речного стока.– Л.: Гидрометеиздат, 1976.– 256 с.
7. Рекомендации по статистическим методам анализа однородности пространственно-временных колебаний речного стока.– Л.: Гидрометеиздат, 1984.– 78 с.
8. Рождественский А. В. Оценка точности кривых распределения гидрологических характеристик.– Л.: Гидрометеиздат, 1977.– 271 с.
9. Рождественский А. В., Лобанова А. Г. Годовой сток рек: распределение по территории// Водные ресурсы Нечерноземной зоны РСФСР/ под ред. А.А. Соколова, С. И. Харченко, Б. М. Доброумова.– Л.: Гидрометеиздат, 1980. С. 28–34.

10. Сахарюк А. В. Оценка коэффициентов асимметрии и автокорреляции на примере расчетов по рядам годового и максимального стока рек Дальнего Востока// Тр. V Всесоюз. гидролог. съезда. Т. 6.–Л., 1989. С. 140–147.
11. СП 33-101-2003. Определение основных гидрологических характеристик.– М.: Госстрой РФ, 2004.– 120 с.
12. Хабаровский край: Физическая карта для средней школы.– М.: ГУГК, 1987.– 2 л.

УДК 556.18

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ НА ЭНГЕЛЬССКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

В.Н. Рыбкин, А.В. Перминов

МГУП, Москва, Россия

Для построения и реализации модели управления водными ресурсами системы наряду с оценкой располагаемых водных ресурсов важное значение имеет оценка современного и перспективного использования водных ресурсов. В первую очередь необходимо получить надежные временные ряды показателей водопотребления и проанализировать природно-хозяйственные условия, определяющие эти ряды. Немаловажно также сформировать гипотезы возможного изменения этих показателей.

Для анализа оценки требований населения и хозяйства к водным ресурсам (количеству и качеству) традиционно используются два подхода: нормативный и экстраполяция выявленных тенденций в динамике показателей водопотребления. Нормативный подход основан на перспективной оценке состава и структуры народнохозяйственного комплекса и объемов товарной продукции в основных секторах экономики и также численности населения (городского и сельского). Располагая такой информацией и удельными укрупненными нормами водопотребления (на единицу продукции, орошаемый гектар, одного человека), можно оценить потребность в воде. При этом основные трудности связаны, во-первых, с достоверностью знаний о развитии экономики, возможных изменениях технологии получения промышленной и сельскохозяйственной продукции, во-вторых, с размещением новых предприятий по территории. Важны также оценка и прогноз состояния водных источников (поверхностных и подземных).

Второй подход базируется на результатах анализа закономерностей ретроспективной динамики показателей использования водных ресурсов отраслями хозяйства и населением. Главная цель такого анализа – определение характерных тенденций в динамике этих показателей, а экстраполяция таких тенденций – основа оценки перспективного водопотребления. Трудности же связаны с правомерностью распространения выявленных тенденций на предстоя-

щую перспективу, выбором вида математической модели и оценкой ее параметров. По существу второй подход сопряжен с разработкой модели прогноза водопотребления.

Нормативный подход и метод экстраполяции требуют прежде всего анализа динамики современного водопотребления и выявления в ней характерных периодов. Одна из важнейших целей ретроспективного анализа водопотребления – формирование рядов основных показателей водопользования для максимально объективных оценок его современного состояния и тенденции развития в ближайшем будущем.

Орошаемое земледелие было одним из ведущих наиболее динамично развивающихся водопотребителей в бассейне р. Волги. С 1970 по 1990 гг. площадь орошаемых земель возросла с 0,32 до 2,13 млн. га. Однако с начала 1990-х гг. картина существенно изменилась. Резкое снижение финансового обеспечения отрасли и обвальное сокращение затрат на поддержание мелиоративных систем в работоспособном состоянии сопровождалось разрушением поливного потенциала и переводом орошаемых земель в богарные. Площадь земель регулярного орошения в бассейне р. Волги неуклонно сокращалась и к 2001 году составила около 1,4 млн. га. Еще более быстрыми темпами сокращалась площадь фактически политых земель. Площадь фактически политых земель снизилась с 1,8–2,0 (1984-1988 гг.) до 0,66 млн. га (2000 г.). Значительные площади не поливаются из-за отсутствия оборудования, запасных частей, разрывов трубопроводов, ухудшения ремонтной базы в связи с нарушением устойчивых хозяйственных связей. В соответствии с изложенным существенно снизились объемы воды, используемой на орошение. Произошло это как из-за резкого сокращения поливаемых площадей, так и за счет снижения удельного водопотребления в результате внедрения комплекса водосберегающих мероприятий. Однако дальнейшее снижение оросительных норм (брутто-поле) за счет уменьшения количества поливов недопустимо. Все показатели орошаемого земледелия, приведенные в статье для бассейна р. Волги, подсчитаны также и для условий Энгельсской оросительной системы.

Согласно прогнозу развития сельскохозяйственного производства и объемов его водопотребления в первую половину прогнозного периода оно находится под сильным влиянием тенденций, сформировавшихся в ретроспективный период: резкого спада производства сельскохозяйственной продукции и инвестиций в эту отрасль, крайне низкого финансирования и слабой помощи со стороны государства, сильной изношенности и старения материально-технической базы. К началу 2000 г. производство продукции сельского хозяйства во всех категориях хозяйств составило 59% показателей 1990 г. При этом доля продукции растениеводства с мелиорированных земель, дающих устойчи-

вые урожаи даже в самые неблагоприятные годы, снизилась с 15 до 10%. Обозначился возврат к примитивным ручным технологиям. В последние годы по этой причине из активного оборота было выведено около 25 млн. га сельскохозяйственных угодий. Поэтому в первую очередь необходимо приостановить дальнейшее снижение плодородия почвы. Для этого требуется осуществление комплексных мелиораций, прежде всего гидротехнических. Значимость гидро-мелиоративных мероприятий наглядно проявилась в 1998 и 1999 гг., когда из-за жестокой засухи во многих южных регионах страны и избыточного увлажнения в северо-западном регионе производство продукции растениеводства по сравнению с показателями 1997 г. уменьшилось почти на 40%. Однако площадь мелиорированных земель в последние годы резко сократилась. В начале 1990-х гг. ежегодно выводилось из оборота 300-400, в настоящее время – 100-150 тыс. га орошаемых земель. Ввод же в эксплуатацию орошаемых земель сократился с 200 до 2-5 тыс. га в год. Вероятно, процесс сокращения площадей орошаемых угодий удастся приостановить не ранее, чем через 10 лет. Согласно Концепции программы «Обеспечение воспроизводства плодородия земель сельскохозяйственного назначения» /Вопросы мелиорации. 1999.. № 3-4. с.3-21/ основное внимание в предстоящий период должно быть уделено реконструкции и восстановлению действующих оросительных систем. К 2010 г. эти работы должны быть проведены на площади около 3,1 млн. га. Ввод же в эксплуатацию новых орошаемых земель предусмотрен на площади 200 тыс. га (80 тыс. га в 2001-2005 гг.).

Составляемые заранее на весь вегетационный период внутрихозяйственные планы водопользования не могут быть реализованы, так как конкретный год, в который осуществляется орошение, никогда не совпадает ни с одним из характерных лет. Текущее планирование для характерных лет необходимо только при проектировании организации орошения на предстоящий год, для ориентации общего направления хозяйственной деятельности в типичных погодных условиях. Фактическое водопользование может производиться только на основании оперативных планов, составляемых на предстоящую декаду. Методика составления оперативного плана такая же, как и методика составления текущего плана. Ее отличие и преимущество по сравнению с текущим планом состоит в том, что при оперативном планировании может быть реализована обратная связь, т.е. учтено фактическое состояние объекта на начало планирования (влагозапасы почвы и состояние посевов сельскохозяйственных культур), что делает оперативный планы более точным, чем план текущий. Однако и при составлении оперативных планов производственники сталкиваются с принципиальными трудностями, которые вызваны стохастической природой погодных условий и недостаточными развитием методов декадного метеорологического

прогноза. Гидрометслужба в настоящее время выдает прогнозы температуры воздуха на высоте 2 м и декадной суммы осадков.

Прогноз температуры воздуха выдается в виде среднедекадных температур с доверительным интервалом $\pm 2,5^\circ\text{C}$. Прогноз считается оправдавшимся, если фактическая температура попадает в доверительный интервал. По неофициальным оценкам Гидрометслужбы оправдываемость такого прогноза составляет около 0,8. Прогноз осадков выдается в виде карт, на которые наносятся изолинии отклонений величины осадков от нормы. Оправдываемость прогноза осадков ниже оправдываемости прогноза температуры.

Исходя из этого, при расчете режима орошения конкретной сельскохозяйственной культуры в конкретный год нужно принять решение о том, какой информацией следует пользоваться для расчета потребности в оросительной воде на предстоящую декаду.

Среди методов экстраполяции наибольшее распространение получили группы методов, включающие в себя методы наименьших квадратов, экспоненциального сглаживания, стохастического прогнозирования и адаптивного сглаживания. В последнее время в практике прогнозирования часто используется метод имитационного моделирования. Так как характеристика и возможности всех этих методов достаточно подробно описаны в Рабочей книге по прогнозированию /М.: Мысль, 1982. 430 с./, рассмотрим лишь те методы, которые используются для оценки перспективного водопотребления в отраслях хозяйства и населением применительно к бассейну Волги.

Поэтому сначала необходимо на основе анализа исходного временного ряда установить, к какому типу относится описывающая его модель. В общем виде модель авторегрессии p -го порядка имеет вид:

$$X_t = \Phi_1 X_{t-1} + \Phi_2 X_{t-2} + \dots + \Phi_p X_{t-p} + a_t. \quad (1)$$

При анализе и прогнозе динамики гидролого-водохозяйственных показателей широко используются процессы авторегрессии первого ($p=1$) и второго ($p=2$) порядков, то есть модели АР(1) и АР(2), определяем уравнениями:

$$X_t = \Phi_1 X_{t-1} + a_t, \quad |\Phi| < 1, \quad (2)$$

$$X_t = \Phi_1 X_{t-1} + \Phi_2 X_{t-2} + a_t. \quad (3)$$

Уравнения (2) и (3) – Марковский процесс первого и второго порядков.

Уравнение (1) после некоторых преобразований приводится к следующему виду:

$$r_k = \Phi_1 r_{k-1} + \Phi_2 r_{k-2} + \dots + \Phi_p r_{k-p}, \quad k > 0, \quad (4)$$

где r_k – элементы автокорреляционной матрицы.

Согласно (4) автокорреляция процесса AP(1) удовлетворяем соотношению:

$$r_k = \Phi r_{k-1}, \quad k > 0, \quad (5)$$

которое при $r_0 = 1$ имеет решение:

$$r_k = \Phi^k, \quad k > 0. \quad (6)$$

Таким образом, автокорреляция монотонно экспоненциально затухает до нуля при $\Phi > 0$ и меняет знак при $\Phi < 0$.

Аналогично для модели AP(2) можно получить:

$$r_k = \Phi_1 r_{k-1} + \Phi_2 r_{k-2}, \quad k > 0, \quad (7)$$

Наряду с авторегрессионными моделями широко используются и модели скользящего среднего, характеризующиеся общим уравнением вида:

$$X_t = a_t - q_1 a_{t-1} - \dots - q_q a_{t-q}. \quad (8)$$

Соотношение (8) определяет процесс скользящего среднего порядка q (СС(q)). Для модели СС(q) автокорреляция определяется выражением:

$$r_k = \left(-q_r + \sum_{j=1}^{q-k} q_j q_{j+k} \right) / (1 + q_1^2 + \dots + q_q^2), \quad k = 1, q, \quad r_k = 0 \quad \text{при } k > q. \quad (9)$$

Таким образом, для модели СС(q) автокорреляция обрывается на задержке q , а конечная протяженность автокорреляции - характеристическое свойство этой модели.

Практика прогнозирования показывает, что наилучшие результаты могут быть получены с помощью моделей смешанного типа, то есть моделей скользящего среднего и авторегрессии с двумя параметрами. Процесс APСС (1,1) описывается следующей формулой:

$$X(t) = \Phi_1^* x(t-1) + a(t) - q_1^* a(t-1), \quad (10)$$

где $a(t)$ – белый шум.

Автокорреляционная функция ряда APСС(1,1) экспоненциально убывает. Она убывает монотонно, если параметр авторегрессии $\Phi_1 < 0$. Если $\Phi_1 > 0$, то эта функция экспоненциально убывает, меняя знак на каждом следующем лаге.

Весьма эффективный и надежный метод прогнозирования - экспоненциальное сглаживание. Основные его достоинства следующие: учет весов исходной информации, простота вычислительных операций, гибкость описания различных динамик процессов. Метод экспоненциального сглаживания дает возможность оценить параметры тренда, характеризующие не средний уровень процесса, а тенденцию, сложившуюся к моменту последнего наблюдения. Чаще всего этот метод применяется при среднесрочном прогнозировании / Рабочая книга по прогнозированию. М.: Мысль, 1982. 430 с./ Для метода экспоненци-

ального сглаживания основной и наиболее трудный момент – выбор параметра сглаживания α . Начальных условий и степени прогнозирования полинома.

Пусть исходный динамический ряд имеет вид:

$$y_t = a_0 + a_1 t + \frac{a_2}{2} t^2 + \dots + \frac{a_p}{p!} t^p + e_t. \quad (11)$$

Метод экспоненциального сглаживания, то есть обобщенный метод скользящего среднего, позволяет описать процесс (1), при котором данным более поздних наблюдений придаются большие веса по сравнению с данными ранних наблюдений, причем эти веса убывают экспоненциально.

Выражение

$$S_t^{[k]}(y) = a \sum_{i=0}^n (1-a)^i S_{t-1}^{[k-1]}(y). \quad (12)$$

- экспоненциальная средняя k -го порядка для ряда y_t , где a - параметр сглаживания.

В расчетах для определения экспоненциальной средней используется рекуррентная формула /Рабочая книга по прогнозированию. М.: Мысль, 1982. 430 с./ :

$$S_t^{[k]}(y) = a S_t^{[k-1]}(y) + (1-a) S_{t-1}^{[k]}(y). \quad (13)$$

Использование соотношения (13) предполагает задание начальных условий $S_0^{[1]}, S_0^{[2]}, \dots, S_0^{[k]}$. Для этого можно воспользоваться формулой Брауна-Мейера, связывающей коэффициенты прогнозирующего полинома с экспоненциальными средними соответствующих порядков:

$$S_t^{[k]} = \sum_{p=0}^n (-1)^p \frac{a_p}{p!} \frac{ab}{(k-1)!} \sum_{j=0}^{\infty} j^p b^j \frac{(p-1+j)}{j!}, \quad (14)$$

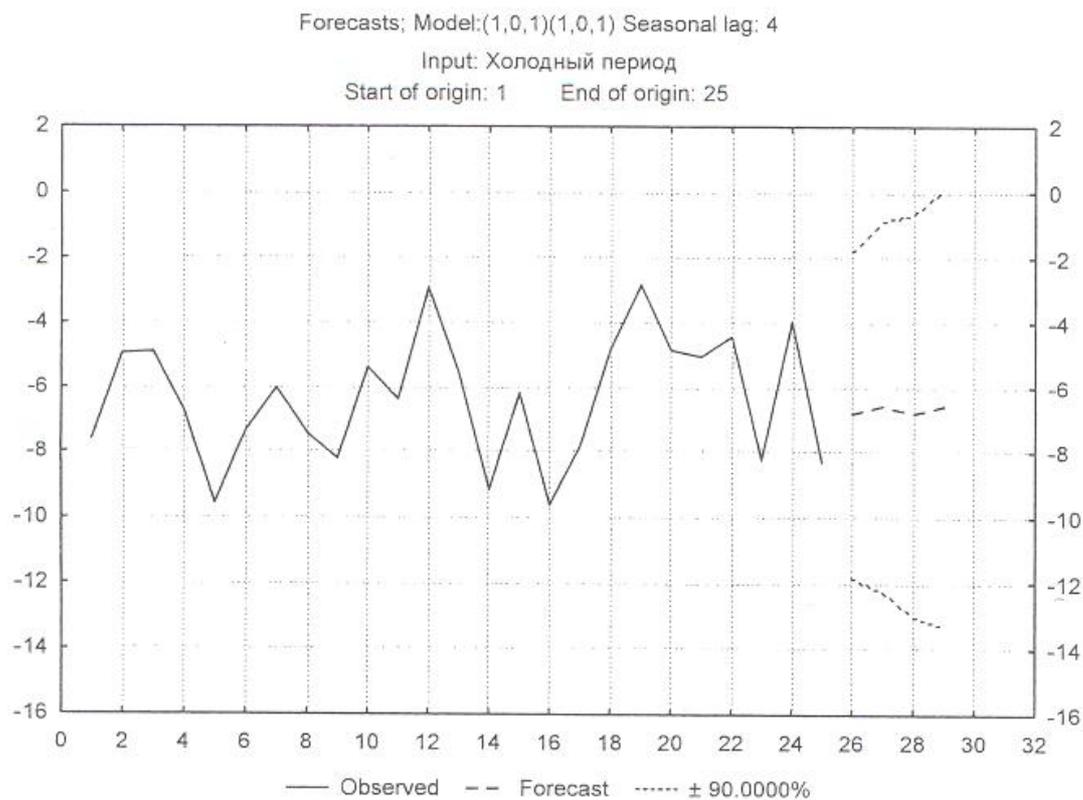
где $p=1,2,\dots,n+1$; a - оценка коэффициентов; $b = 1-a$.

Оценки коэффициентов прогнозирующего полинома определяются через экспоненциальные средние по фундаментальной теореме формулой Браун-Мейера. В этом случае коэффициенты a_j находятся в результате решения системы $(p+1)$ уравнений с $(p+1)$ неизвестными, связывающей параметры прогнозирующего полинома с исходной информацией.

С помощью этих моделей был сделан прогноз изменения температуры до 2005 г. Приведены результаты оценки по модели AP(1) (рис. 1).

Как видно из рисунка 1, в 2005 г. температура воздуха на Энгельсской оросительной системе составит – 6,5°C при крайних значениях (для $P = 90\%$) -1 – -3°C для холодного периода, а для расчетов по среднегодовым значениям температуры составит +7°C при крайних значениях +3 – +13°C. В последнем случае доверительный интервал резко расширяется, увеличивая тем самым возможную ошибку прогноза.

Холодный период



Среднегодовые

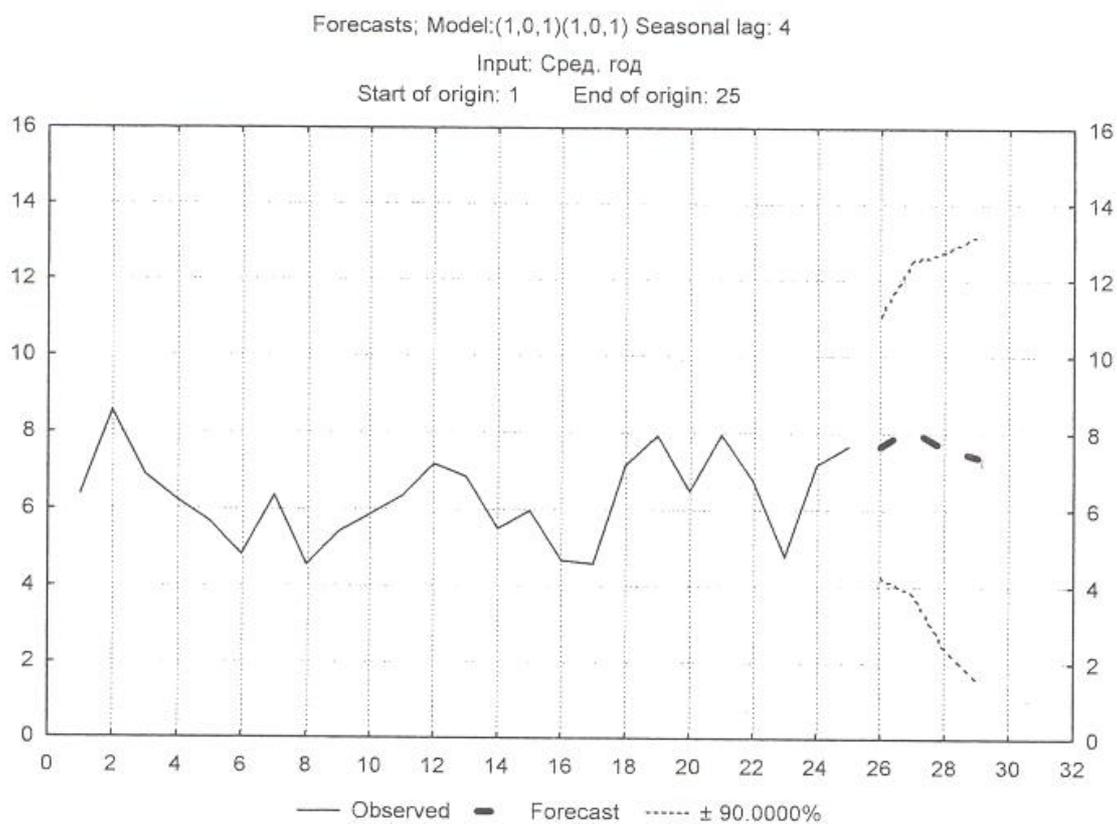


Рисунок 1 – Прогноз изменения температуры воздуха

ГИДРОТЕХНИКА И МЕХАНИЗАЦИЯ

УДК 627.83

СНИЖЕНИЕ ОПАСНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ НАВОДНЕНИЙ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ВОДОСБРОСОВ ТИПА «РАЗМЫВАЕМАЯ ВСТАВКА»

И.Ф. Пикалова

МГУП, Москва, Россия

Т.В. Наумова

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Наводнения из-за внезапности возникновения, продолжительных затоплений земель, бурных водных потоков, размывов берегов, разрушения поселений и угрозы жизни людей относятся к самым опасным явлениям. Статистика свидетельствует, что по повторяемости, площади распространения и суммарному среднему материальному ущербу в масштабах всей нашей страны катастрофические наводнения занимают первое место в ряду известных нам стихийных бедствий. Что же касается человеческих жертв и удельного материального ущерба (т.е. ущерба, приходящегося на единицу пораженной площади), то в этом отношении катастрофические наводнения занимают второе место после землетрясений [Нежиковский Р.А., 1988].

Для России характерен рост числа природных катастроф, особенно в последние годы. Так по данным МЧС РФ за последние десять лет (1990 – 1999 г.г.) было зарегистрировано 2877 событий чрезвычайного характера, связанных с опасными природными процессами. Катастрофические явления, связанные с паводками, составляют 19% общего числа.

Катастрофические наводнения как стихийное бедствие не могут быть полностью предотвращены: их только можно ослабить или локализовать, при этом, значительно снизив материальный ущерб, уменьшить урон, наносимый здоровью населения, и предотвратить гибель людей. Анализ частоты наводнений за последние годы показывает тенденцию значительного роста материальных ущербов, что связано с повышением водности рек и с активизацией хозяйственной деятельности в освоении прибрежных территорий водных объектов, особенно в Европейской части России. Здесь сконцентрировалось наибольшее число крупных городов, населенных пунктов, объектов промышленности и сельскохозяйственных угодий, и именно в этих районах значительно повышается степень опасности проявления наводнений.

Таким образом, очевидны два главных направления в борьбе с наводнениями - понижение их силы и уменьшение количества и уязвимости населения и имущества в зоне риска, которые включают следующие мероприятия:

- *инженерно-технические* мероприятия – строительство и реконструкция защитных сооружений, устройство дополнительных автоматических водосбросов, регулирование русел, использование водохранилищ для аккумуляции паводкового стока и др.;
- *предупредительные* мероприятия – совершенствование системы прогноза и оповещения, восстановление и развитие гидрометеорологической сети, регулирование хозяйственного использования периодически затопляемых земель в сочетании с системой страхования от риска наводнений и прочие организационные меры;
- *адаптационные* – вынос объектов из зон затопления, трансформация сельскохозяйственных угодий, регулирование хозяйственной деятельности на затопляемых в паводок землях и водосборных территориях.

Прошедшие в 2002 г. паводки на р. Кубань и р. Терек 5% и 0,3% обеспеченности соответственно, привели к катастрофическим последствиям, главным образом, из-за неспособности водохранилищ аккумулировать высокие паводковые расходы.

Реки в бассейнах Кубани и Терека несут большое количество донных и взвешенных, которые осаждаются в подпертых бьефах гидроузлов, оказавшиеся практически полностью заиленными до бытовых отметок. Промывка верхних бьефов гидроузлов и их механическая очистка проводится крайне редко и нерегулярно. Сокращение аккумулирующей мощности водохранилищ в значительной степени затрудняет пропуск высоких паводковых расходов через гидроузлы, вызывая риск возникновения каскадных аварий гидротехнических сооружений, вследствие образования волны прорыва из переполненных водохранилищ самых верхних гидроузлов и так далее, до конца участка регулирования реки.

При каскадном прорыве гидродинамическая авария в первую очередь возникает на сооружениях, отнесенных к IV и III классов капитальности. За последнее десятилетие именно эти сооружения в наибольшей степени снизили свой уровень безопасности, главным образом из-за несвоевременного проведения реконструкции, ремонтно-восстановительных работ и сокращением штатов эксплуатационного персонала.

Кроме того, в отличие от сооружений I и II классов, гидротехнические сооружения III и IV классов имеют значительно меньшее количество контрольно-измерительной аппаратуры и эксплуатируются менее квалифицированными кадрами.

Создают угрозу аварии и неудовлетворительно работающие затворы на водосбросах. Затворы могут заклиниваться в пазовых конструкциях вследствие их перекоса, ржавления или отказа подъемных механизмов. Последствия от этого самые значительные, т.к. происходит превышение максимального форсированного подпорного уровня, что вызывает перелив воды через земляную плотину с последующим ее прорывом.

Средний возраст большинства гидротехнических сооружений подконтрольных Минсельхозу РФ составляет 30-40 и более лет, что требует проведения не только ремонтно-восстановительных работ, но и реконструкцию гидроузлов и отдельных стоящих сооружений.

Основным направлением реконструкции гидроузлов является увеличение их пропускной способности и, особенно, тех, которые находятся в каскаде. При недостаточной суммарной емкости водохранилищ в каскаде и при отсутствии возможности «демпфирования» паводкового расхода, управление паводком может осуществляться только увеличением пропускной способности гидроузлов.

Увеличение пропускной способности гидроузлов достигается конструктивно-компоновочными решениями, которые включают: расширение водосбросного фронта путем устройства дополнительных водосбросов; повышение отметок гребня плотин с соответственной реконструкцией водосбросных сооружений; организацию пропуска паводковых расходов по пойме в обход перегораживающей плотины.

В качестве устройства дополнительных водосбросов могут быть рассмотрены конструкции автоматических водосбросов по типу «размываемых вставок», которые широко распространены в зарубежной практике [2]. Данные сооружения особенно хорошо себя зарекомендовали при наводнениях, вызываемых дождевыми и смешанными паводками на реках, протекающих в горных и предгорных районах, для которых характерно резкое возрастанием паводковых расходов.

Инженерные конструкции дополнительных водосбросов по типу «размываемых вставок» применяются как на крупных гидроузлах I и II классов в дополнение к основным водосбросам и рассчитываются на пропуск катастрофических расходов обеспеченностью 0,01%, так и на гидроузлах III и IV классов, рассчитываемых на большую степень обеспеченности (1 – 5%).

«Размываемые вставки» представляют собой обычные земляные или каменно-набросные плотины, которые могут быть также с ядром или экраном, имеющие бетонное основание для предотвращения опасных размывов в случае полного разрушения вставки. Для отвода воды используются естественные понижения местности, заброшенные карьеры и т.п.

За рубежом конструкции дополнительных водосбросов типа «размываемая вставка» стали разрабатываться с 60-х годов. Данные конструкции, рассчитываемые на паводки редкой повторяемости, в нашей стране практически не разрабатывались, очевидно, это было связано с объективными причинами совпадения по времени развития данного направления с маловодным периодом рек Европейской части России. В эти годы интенсивно разрабатывались проекты по переброске северных рек на Юг России.

В последние годы Центром гидравлических исследований ОАО «НИИЭС» совместно с ООО «НПП «АКВАРИУС» разработан и внедрен автоматического действия лабиринтный переливной водосброс на Хоробровской ГЭС, построенной на р.Нерль [<http://www.aguarius.ru/ru/publication/2nid=2>]. Авторы данной публи-

кации считают устройство лабиринтного нерегулируемого водослива прогрессивным решением, а для пропуска экстремальных паводков в комплексе с лабиринтным водосливом рекомендуется устанавливать автоматические вододействующие затворы типа «размываемая вставка».

Термин «размываемая вставка» не является установленным термином, т.к. это перевод с английского «erodible fuse plug» и, в точном переводе означает «размываемая плавкая вставка» по типу плавких предохранителей в электротехнике. Для внедрения данных конструкций в отечественную практику необходимо разработать методику расчета дополнительных водосбросов по типу «размываемая вставка» и соответствующей нормативной документации.

Лабораторные исследования пропускной способности и времени разрушения водосброса типа «размываемая вставка», проводились в МГУП на размываемых моделях земляных плотин из песка крупностью 0,2-0,1 мм с послойной утрамбовкой и увлажнением без фильтрационных устройств (ядра и экрана).

Целью работы было экспериментальное изучение процесса размыва грунтовой вставки, и получение параметров расчета ее пропускной способности и времени разрушения.

Определение пропускной способности размываемой вставки проводилось по данным опытов для момента времени соответствующего наибольшему уровню поднятия воды в ВБ и соответствующему расходу воды Q_0 . Фильтрационный расход Q_f через размываемую вставку вычислялся обычным для грунтовых плотин способом, а коэффициенты расхода определялись по формуле:

$$m = \frac{Q_{\Pi}}{b\sqrt{2g} \cdot H^{3/2}} \quad (1)$$

где Q_{Π} – расход поверхностного потока воды;

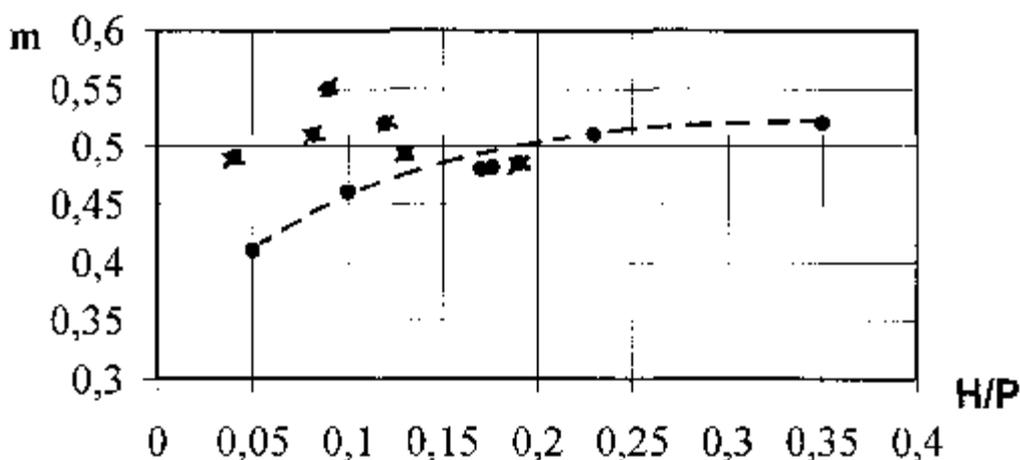
$$Q_{\Pi} = Q_0 - Q_f$$

b – ширина размываемой вставки;

H – напор воды над размываемой вставкой.

По результатам опытов получена графическая зависимость коэффициента расхода m от отношения H/P , где P – высота размываемой вставки (рис.1).

Численные значения коэффициентов расхода оказались близкими к табличным значениям для водосливов практического профиля криволинейного очертания. На рисунке 1 приведены также данные исследований Богославчика П.М.[3], проводимых на аналогичных моделях с крупностью песка 0,1-0,5 мм. Экспериментальные точки Богославчика П.М. легли выше кривой при малых значениях H/P . Это можно объяснить тем, что в данных опытах фильтрация через размываемую вставку не учитывалась, что и привело к завышению поверхностного расхода воды Q_{Π} через вставку. Как показывают эксперименты Шалагиновой Т.А [4] такой недоучет допустим только применительно к поздним стадиям размыва, когда градиент фильтрации уменьшается.



• опытные данные
 ✖ опыты Богуславчика П.М.

Рисунок 1 - График зависимости $m = f\left(\frac{H}{P}\right)$

При исследованиях разрушения вставки выделялись две стадии размыва:

1. Размыв низового откоса, начиная с бровки, вследствие увеличения фильтрационных расходов через тело плотины. Профиль плотины к концу данной стадии принимает форму близкую к водосливу практического профиля, а отметка гребня остается постоянной.
2. Вторая стадия характеризуется интенсивным снижением отметки гребня плотины до полного ее разрушения.

Полученные экспериментальные данные времени размыва вставки сравнивались с результатами расчетов по формулам 2 и 3 [3], соответствующим указанным выше стадиям размыва.

$$T_1 = \frac{M \cdot n^{2,4}}{A \cdot i^{1,2} \cdot (2g)^{0,8} \cdot m^{1,6} (z-y)^{2/4}} ; \quad (2)$$

где T_1 – время для первой стадии размыва; M – масса низовой призмы грунта; $A = 0,153$ для песчаных грунтов; i – величина обратная заложению низового откоса; n – коэффициент шероховатости, определяемой по формуле Чекулаева Г.С., как $n=0,042 d^{0,11}$ (d – средний диаметр грунта плотины); z – отметка уровня воды в ВБ, а y – отметка гребня плотины.

$$T_2 = \frac{\Delta Y \cdot r \cdot g}{B \cdot m^{0,43} \varepsilon (z-y)^{0,6}} ; \quad (3)$$

где T_2 – время для второй стадии размыва; ρ – плотность сухого грунта вставки; ε – коэффициент, зависящий от крупности грунта ($\varepsilon = 2,7$); m – коэффициент расхода плотины; ΔY – изменение отметки гребня плотины за время T_2 ; B – параметр, зависящий от характеристик взвесенесущего потока ($B=83,9$).

Результаты опытов и расчетов времени размыва вставки по двум стадиям приведены на рисунках 2 и 3.

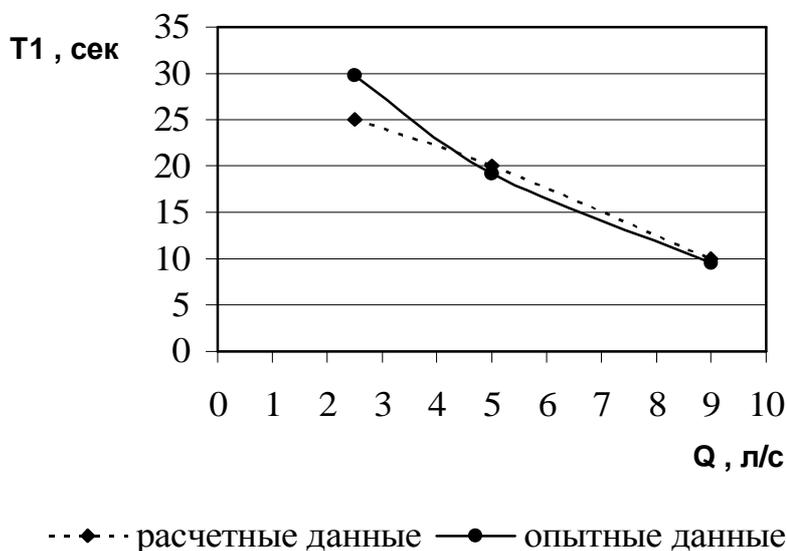


Рисунок 2 - График зависимость скорости размыва вставки на первой стадии T_1 (сек) от расхода воды Q , л/с

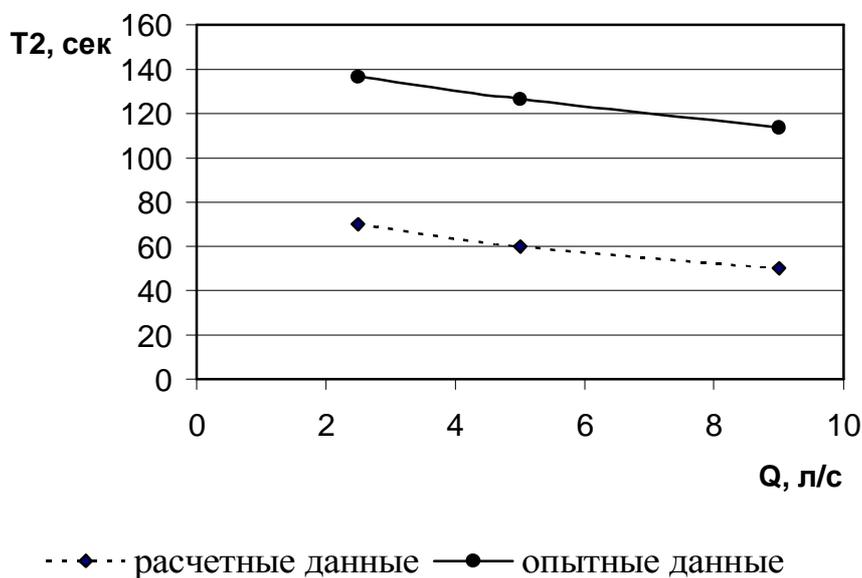


Рисунок 3 - График зависимость скорости размыва вставки на первой стадии T_2 (сек) от расхода воды Q , л/с

Графики показывают хорошее совпадение экспериментальных и расчетных данных для первой стадии размыва. Для второй стадии размыва опытные данные

превышают расчетные почти в два раза, что, безусловно, требует проведения дополнительных экспериментальных исследований и уточнения методики расчета.

Проведенные исследования на моделях трех различных масштабов показали необходимость учета масштабного эффекта.

Влияние масштабного эффекта заключается в том, что модели большего масштаба размываются быстрее моделей меньшего масштаба. Скорость размыва изменяется приблизительно в степени $\sqrt[3]{2}$ от масштабного соотношения. Это подтверждается опытными данными исследований модели в М 1:10, в которой скорость размыва была в среднем 1,2 раза выше скорости размыва на моделях в М 1:15 и М 1:30.

Изучение пропускной способности и времени разрушения «размываемых вставок», используемых в качестве автоматических водосбросов при прохождении катастрофических паводков требует дальнейших теоретических и экспериментальных исследований.

Литература

1. Доброумов Б.М., Тумановская С.М. Наводнения на реках России: их формирование и районирование. – М.: Метеорология и гидрология, 2002, № 12, с.70-78.
2. Наумова Т.В., Пикалова И.Ф. Новые конструкции водозаборных сооружений типа «Размываемая вставка» - Экспресс-информация, ЦБНТИ, М.: серия 5, выпуск 15, 1974, стр. 3-9.
3. Богославчик П.М., Филиппович И.В. Динамика размыва плотины из местных материалов при переливе воды. – Известия вузов СССР. Серия Энергетика, 1982, № 3, стр. 88-93.
4. Шалагинова Т.А. О гидравлике размываемой вставки. – В сб.: Труды Новосибирского института инженеров водного транспорта. Новосибирск: выпуск №70, 1971, стр. 44-53.

УДК 631.672.32

ПЛОТИНА ИЗ ГРУНТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ: МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА ФИЛЬТРАЦИИ

Ю.Я. Гольцов, М.Ю. Гольцова
ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Фильтрационные расчеты плотин из грунтовых материалов проводятся, согласно [1], для нормального подпорного уровня – стационарно-максимального уровня верхнего бьефа (УВБ). В [2] предложен новый подход к фильтрационным расчетам плотин из грунтовых материалов, основу которого составляет решение двумерного уравнения Ричардса [3], описывающего неустановившееся движение воды в грунтах характеризующихся различной степенью насыщения. Привлечение уравнения Ричардса к вопросам фильтрационных расчетов обосновано и тем, что с помощью этого уравнения рассматриваются совместно зоны полного и неполного насыщения. При моделировании, в зоне неполного насыщения грунта потенциал давления влаги ψ принимает отрицательные значения, ниже кривой депрессии он

положителен, а само положение кривой депрессии определяется из условия $\psi = 0$. Таким образом, от обычной фильтрационной задачи, мы переходим к рассмотрению процесса движения воды в теле плотины с учетом зоны неполного насыщения, что позволяет оценить роль насыщенности плотины выше кривой депрессии в основном вопросе водоподпорных сооружений, кроме их функционального назначения, - их устойчивости.

Решение задач по вопросам фильтрации воды в теле плотины представляет собой классическую задачу с подвижной границей (кривой депрессии). Процессы движения воды в теле и основании плотины носят неустановившийся характер, и любое изменение УВБ приводит к изменчивости насыщенности плотины и, как следствие, изменению положения кривой депрессии. Однако изменение УВБ, в случае его падения, может протекать настолько интенсивно (быстро) и в несоответствии с интенсивностью процесса водоотдачи грунта в теле плотины, что приводит к высачиванию на верховом откосе. Это может способствовать его неустойчивости и разрушению и, как следствие, снижению уровня безопасности сооружения в целом.

Математическая модель, в общем, отражает, не только и не столько, наше понимание различных природных процессов, но и, в большей степени, как способность, так и возможность, их реального отражения. Предложенная нами математическая модель позволяет с достаточной степенью достоверности учитывать основополагающие факторы, формирующие фильтрационные процессы в теле и основании плотины, к которым (факторам) относятся

- геометрия (поперечный внешний контур) плотины, элементов её составляющих, и их водно-физические свойства;
- высачивание (фильтрационных потоков вод) и граничные условия на откосах;
- зона неполного насыщения;
- дренажные мероприятия;
- литологическое строение грунтов в основании плотины;

Выделенные факторы, в какой-то степени, не являются окончательными, и поэтому математическая модель может быть уточнена. Например, по таким, как склоновый сток, возникающий при интенсивности осадков выше интенсивности впитывания (инфильтрации), или (и) температурный режим [1], который играет немалую роль в достоверности фильтрационных расчетов плотин из грунтовых материалов, возводимых в северной строительной-климатической зоне. Задача неустановившегося движения воды в плотинах из грунтовых материалов рассматривается в двумерной постановке (вертикально-плоскостной), хотя современные средства вычислительной техники и методы вычислений позволяют подойти к трехмерной задаче, выделяя для этого, хотя бы, наиболее характерный фрагмент плотины.

Уравнение Ричардса - нелинейное дифференциальное уравнение в частных производных [3] (профильная задача), имеет вид:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K(W) \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K(W) \frac{\partial H}{\partial z} \right) + Q(x, z, t) \quad (1)$$

где: $W(\psi)$ - влажность грунта, дол.ед;
 $H = -\psi - z$ - гидравлический напор, м;
 $K(W)$ - коэффициент влагопроводности, м/сут;
 $Q(x,z,t)$ - функция источников-стоков (л/сут);
 x, z - пространственные горизонтальная и вертикальная координаты, м;
 t - время, сут.

Следует заметить, что для решения уравнения (1) необходимо иметь зависимости, или в современной терминологии модели, устанавливающие связь между влажностью и потенциалом давления влаги или гидравлическим напором, а также его гидравлической проводимостью в зоне неполного насыщения. Это модели водоудерживающей способности грунта $W(\psi)$ и его ненасыщенной гидравлической проводимости $K(W)$. В настоящее время наиболее используемыми являются модели водоудерживающей способности грунта предложенные А. И. Головановым [5] и Van Genuchten [6]. В нашей методике используется модель водоудерживающей способности грунта по А.И. Голованову, которую запишем в виде

$$W(y) = W_{MG} + (P - W_{MG}) \exp\left(-\frac{y}{B}\right)^C \quad (2)$$

и известная зависимость для ненасыщенной гидравлической проводимости С.Ф.Аверьянова

$$K(W) = K_F \frac{W - W_{MG}}{P - W_{MG}} \frac{\theta^N}{\theta} \quad (3)$$

где W_{MG} - максимальная гигроскопичность (нижний предел иссушения грунта), дол. ед. ;

P - пористость, дол. ед. ;

K_F - коэффициент фильтрации, м/сут.

Эти зависимости-модели содержат параметры B , C и N , которые определяются теоретически-экспериментальным методом для грунтов составляющих саму плотину и составляющих её грунтовых элементов (ядро, экран и т.п.). Отметим, что нами не учитываются фактор заземленного воздуха и явление гистерезиса, проявляющегося в неоднозначности связи между W и ψ во время увлажнения или иссушения.

Приведем необходимые краевые условия для решения уравнения (1). Начальное распределение напора $H(x,z,0)$ в рассматриваемой прямоугольной области (рис. 1) можно принять по результатам фильтрационных расчетов, определяющих конструктивное решение плотины. Начальное условие можно задавать и по данным службы эксплуатации гидротехнических сооружений по УВБ на момент времени ему соответствующий и принятый за начало расчета. При этом не-

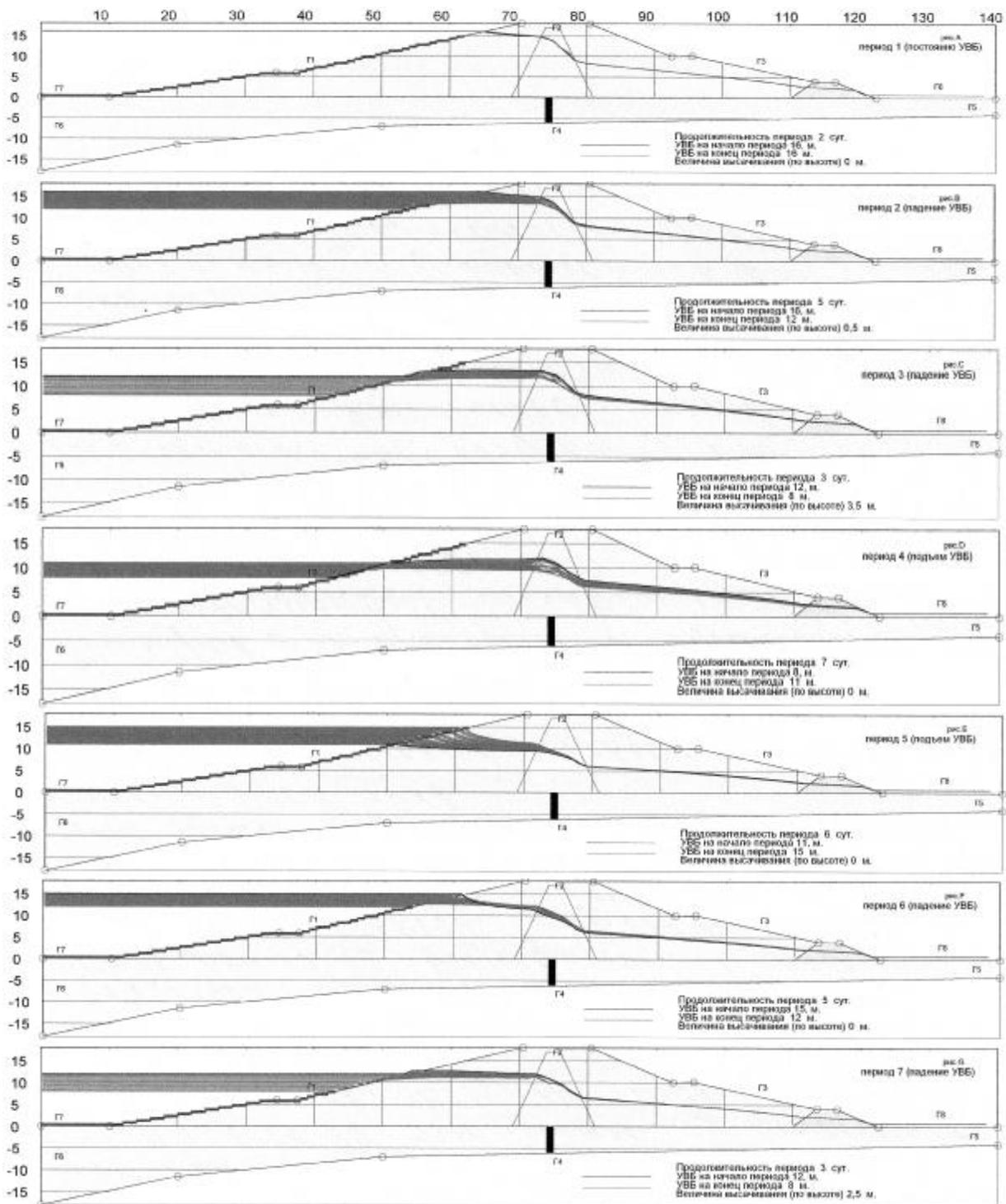


Рисунок 1 - Результаты расчетов по плотине средней высоты из грунто-
вых материалов

соответствие между УВБ и гидравлическим напором в теле плотины и её основания после нескольких периодов расчета исчезает. Под периодом расчета понимается промежуток времени от значения одного задаваемого УВБ до следующего. Не исключается случай, когда УВБ остается неизменным. При этом расчет про-

должается, ибо внутри плотины процессы фильтрации носят неустановившийся характер, и как они будут протекать, зависит от предыстории ее состояния. Граничные условия по контуру плотины (рис. 1), а именно, по ложу водохранилища (Γ_7) и верховому откосу (Γ_1) ($H(x, z, t) |_{\Gamma_1} = H_{УВБ}(t)$) задаются по данным УВБ на соответствующие моменты времени. Изменения (переход) УВБ во времени от одного положения до следующего принимается по линейному закону. В остальной части профиля плотины (зона верхового откоса выше УВБ, на гребне (Γ_2) и низовом откосе (Γ_3)) принимается условие, как и в [1], в виде потока

$$\frac{\partial}{\partial n} K(W) \frac{\partial H}{\partial z} \Big|_{\Gamma_{1,2,3}} = E, \quad (4)$$

n - определяет направление нормали к соответствующей граничной линии во внутрь области. При испарении $E = E_u$, где E_u - интенсивность физического испарения влаги. Значение E_u рассчитывается по следующей эмпирической формуле [7]:

$$E_u = \begin{cases} E_0 \frac{W - W_*}{W - W_{кр}}, & \text{если } W \geq W_{кр}, \\ E_0 \frac{W_{кр} - W_*}{W_{кр} - W}, & \text{если } W_* < W < W_{кр}, \\ 0, & \text{если } W \leq W_{кр}, \end{cases} \quad (5)$$

где $W_{кр}$ - критическое значение влажности, определяющее начало процесса падения скорости испарения;

W_* - равновесная влажность, при которой интенсивность испарения практически равна нулю;

E_0 - испаряемость.

В случае осадков в виде дождя $E = E_{ос}$, где $E_{ос}$ - интенсивность дождя. Будем считать, что интенсивность дождя не превышает впитывающую способность грунта по откосам и гребню плотины. Такое условие исключает из рассмотрения склоновый (поверхностный) сток по откосу.

На вертикальных линиях границы (Γ_5 и Γ_6), аналогично принятым в [2], могут быть заданы условия напора или потока, а по граничной линии (Γ_8) уровень воды нижнего бьефа. На нижней границе грунтов основания (Γ_4) задается условие водоупора, т.е. поток отсутствует, что аналогично (4), где $E = 0$. Не исключена возможность задания взаимосвязи с нижележащими горизонтами в виде напора или потока.

Для решения уравнения (1) используется численный метод суммарной аппроксимации, позволяющий формулировать краевые условия для схемы переменных направлений в случае ступенчатой областей [8].

Чтобы показать возможности предлагаемой разработки приведем результаты расчетов по плотине средней высоты из грунтовых материалов, подобный профиль рассмотрен в [2], когда УВБ меняется согласно данным таблицы 1.

Таблица 1 - Уровень верхнего бьефа (УВБ)

| | | | | | | | | |
|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| <i>сутки</i> | 0 | 2 | 7 | 10 | 17 | 23 | 28 | 31 |
| <i>УВБ, м</i> | 16 | 16 | 12 | 8 | 11 | 15 | 12 | 8 |

Начальное положение УВБ $H_{УВБ}(0) = 16$ м. и распределение напора (соответственно влажности и положение кривой депрессии) в теле плотины принято по фильтрационным расчетам, результаты которых определяют конструктивное решение плотины (рис. 1А). Коэффициент фильтрации тела плотины $K_{плот} = 1$ м/сут, ядра $K_{ядро} = 0.02$ м/сут, грунтов лежащих в основании плотины $K_{осн} = 3.5$ м/сут. В основании плотины цементная завеса, коэффициент фильтрации которой $K_{завеса} = 0.005$ м/сут. По смачиваемому периметру верхового откоса коэффициент фильтрации составляет $K_{колм} = 0.7$ м/сут. В течение первого периода (рис. 1А) продолжительностью 2 суток УВБ не меняется, соответственно кривая депрессии в теле плотины не меняет своего положения, тем самым, отмечая предысторию, ибо за начало принят фильтрационный расчет, проведенный для условий установившегося режима, а также подтверждая точность и устойчивость метода. Далее рисунки 1В-1Г отражают результаты расчета по каждому периоду. Показано не только положение кривой депрессии в начале и конце периода, но и зона осушения или увлажнения в теле плотины и промежутки высачивания (при его наличии).

Период 3 (рис.С) наглядно показывает появление участка высачивания на верховом откосе плотины (3.5 м во высоте), как следствие быстрого падения УВБ с 14 до 8 метров за трое суток. В течение периода 4, семь суток, (рис.Д) УВБ поднимается с 8 до 11 метров, а кривая депрессии в теле плотины падает(!) – показывая реальность отражения математической моделью фильтрационных процессов. Обращая внимание на зону выхода кривой депрессии (период 4) на верховом откосе отмечаем – в начале периода высачивание на откосе продолжается (влияние предыстории) ...уменьшается ...исчезает и кривая депрессии поднимается в согласии с УВБ. А в целом в течение периода кривая депрессии опускается.

После ядра в теле плотины почти не проявляются изменения кривой депрессии. Конструктивное решение плотины (в нашем случае ядро и завеса) по фильтрационным расчетам ставят низовой откос в полную безопасность. Однако при этом важно отметить проблему устойчивости верхового откоса водоподпорного сооружения, в нашем случае плотины, и, следовательно, выработки правил эксплуатации водохранилища на основе расчетов в условиях неустановившегося режима.

Получаемые результаты расчетов, которые представлены графически на рис.А-Г, углубляют наше понимание проходящих во времени фильтрационных процессов в теле плотины. Кроме этого результаты, полученные при рассмотрении неустановившегося режима, позволяют расширить и современные требования [1] предъявляемые к фильтрационным расчетам гидротехнических сооружений подпорного назначения из грунтовых материалов. Это информация о динамике кривой депрессии, фильтрационных потерь из верхнего бьефа плотины, изменения поля скоростей фильтрации в различных зонах тела плотины и ее основания, а также напора или давления (построение гидродинамической сетки (линии равных напоров) на различные моменты времени).

Рамки статьи не позволяют показать влияние различных конструктивных решений плотин на фильтрационные процессы в условиях неустановившегося режима, например, наличие экрана или оценить фильтрационные процессы в защитных дамбах, да и любых других сооружениях водоподпорного назначения из грунтовых материалов. Отдельно можно поставить вопрос о конструктивно фильтрационном использовании дамб для очистки загрязненных вод.

Разработанный, при этом, компьютерный модуль показывает свою эффективность не только в реализации метода решения предлагаемой математической модели, но и в представлении результатов расчета. Следует заметить, что для настоящего момента понятие математической модели носит несколько расширенный смысл, когда соответствующий ей компьютерный модуль становится его необходимой составляющей. Наличие компьютерного модуля с располагающе-доступным для пользователя интерфейсом предоставляет возможность проведения любого числа вычислительных экспериментов и сохранения их результатов в прилагаемой базе данных.

Литература

1. СНиП 2.06.05-84*. Плотины из грунтовых материалов. <http://www.snip-info.ru> (Справочные ресурсы. СНиП и ГОСТ).
2. Гольцов Ю.Я., Гольцова М.Ю. Плотина из грунтовых материалов. I. Математическая модель фильтрационных расчетов. Сб.научных трудов МГУП, 2006. стр.
3. Richards L.E. Capillary condition of liquids through porous medium.-Physics, 1931, v.1, N 5, 318-322.
4. Голованов А.И., Кожанов Е.С., Сухарев Ю.И. Ландшафтоведение. М.: КолосС, 2005. 216 с.
5. Голованов А.И. Прогноз водно-солевого режима и расчет дренажа на орошаемых землях. Автореферат дис.уч.ст. д.т.н. М.,1975, 32 с.
6. Genuchten, M. Th. van, 1980. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am.J.,44: 892-898.
7. Будаговский А.И. Испарение почвенной влаги. М., «Наука», 1964. 244 с.
8. Самарский А.А. Введение в теорию разностных схем. М.,1971, 552 с.

УДК 556.536

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА НА ВЫХОДЕ ИЗ ВОДОБОЙНОГО КОЛОДЦА С БОКОВЫМ ОТВОДОМ ПОТОКА

А.П. Гурьев, А.М. Бакштанин
МГУП, Москва, Россия

Дальнейшее совершенствование конструкции водосбросов, снижение стоимости капиталовложений и уменьшение эксплуатационных расходов дает ощутимую экономию материальных и денежных средств, и поэтому проблема гашения энергии в нижнем бьефе средне- и высоконапорных гидроузлов остается актуальной.

Кроме того, многочисленные случаи опасных размывов русла и аварийные подмывы сооружений, размещаемых в не скальных грунтах, большие объемы ремонтно-восстановительных работ свидетельствуют о том, что энергогасящие конструкции, использующие до настоящего времени прыжковое сопряжение бьефов в плавно расширяющихся руслах требуют дальнейшего совершенствования. Известные конструкции для гашения энергии обладают как достоинствами, так и недостатками, в связи с чем не является универсальным и могут быть использованы только для определенного диапазона параметров гидротехнических сооружений/2/.

Для исключения отдельных недостатков водобойного колодца разработана конструкция водобойного колодца с выпуском воды через боковую стенку. Достоинством этой конструкции является возможность выпуска воды в нижний бьеф под углом к оси водосбросного сооружения с одновременным снижением удельного расхода, который может быть доведен до уровня естественного состояния потока в реке.

Ввиду отсутствия экспериментального материала по изучению пространственного подпертого гидравлического прыжка в водобойном колодце с боковым выпуском воды нами была исследована конструкция, представленная на рисунке 1: 1 – водосброс; 2 – уступ; 3 - водобойный колодец; 4 - торцевая стенка водобойного колодца; 5 - боковые стенки водобойного колодца; 6 – порог; 7 - отводящий канал.

Опыты проводились при расходах $Q=10,75...25,10\text{ л/с}$. Наши исследования по изучению движения потока через боковой водослив проводились при горизонтальном дне водобойного колодца, высоте порога $p=12...16\text{ см}$ и при изменении длины гребня бокового водослива от $B_g=35...55\text{ см}$.

В боковой стенке водобойного колодца выполняется вырез, начиная от торцевой стенки, которая размещалась в створе его выходного сечения. Боковой вырез имел глубину простирающуюся от верха водобойного колодца до дна русла реки. Таким образом, формировался боковой водослив по типу водослива с широ-

ким порогом, высота которого равнялась величине заглубления дна водобойного колодца под уровень дна реки.

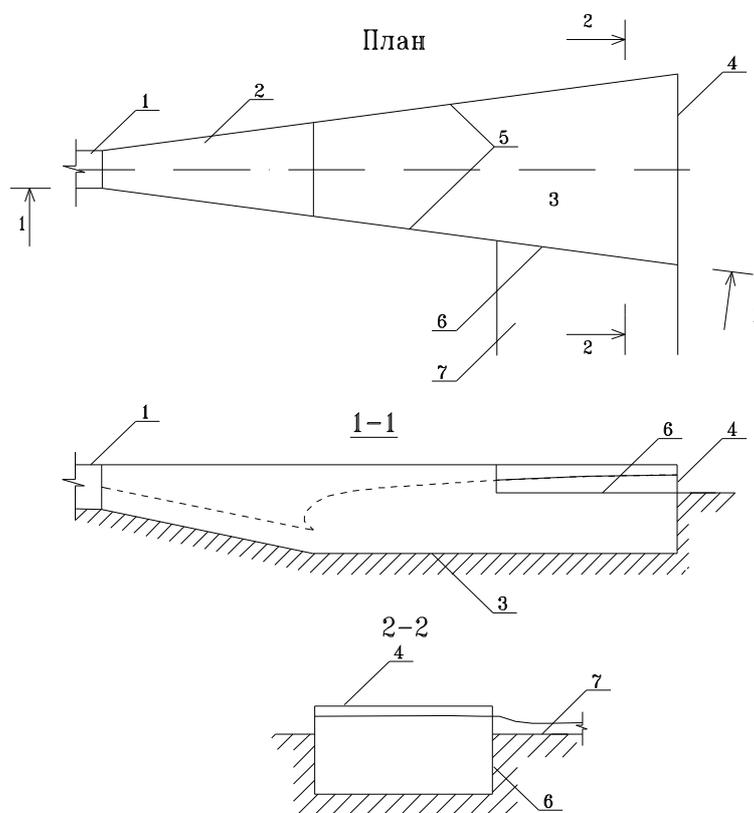


Рисунок 1 - Схема конструкции водобойного колодца

В данной работе излагаются результаты исследования распределения удельного расхода по длине гребня бокового водослива в зависимости от длины выреза. Исследования проводились по следующей методике. Длина выреза боковой стенки разделялась на участки b_1, b_2, \dots (рис.2). По замеренным значениям глубин и скоростей с нормальным направлением к гребню определялись средние глубины воды и скорости по участкам. Имея значения средних глубин и скоростей на расчетных участках, были определены средние расходы, как произведение средней скорости на глубину. Для удельных расходов $q = V_i \cdot h_i$ на расчетных участках b_i, b_2, \dots были определены значения средних расходов: $\Delta Q_i = q \Delta b_i$.

Вычисленный общий расход $Q_i = \sum \Delta Q$ сопоставлялся с замеренным расходом треугольного водослива $Q_{тр}$. Относительная ошибка находилась в пределах $\pm 5\%$.

По результатам исследований были построены графики распределения удельного расхода по длине гребня бокового водослива при $B_b = 35, 45, 55$ см (рис. 3, 4, 5).

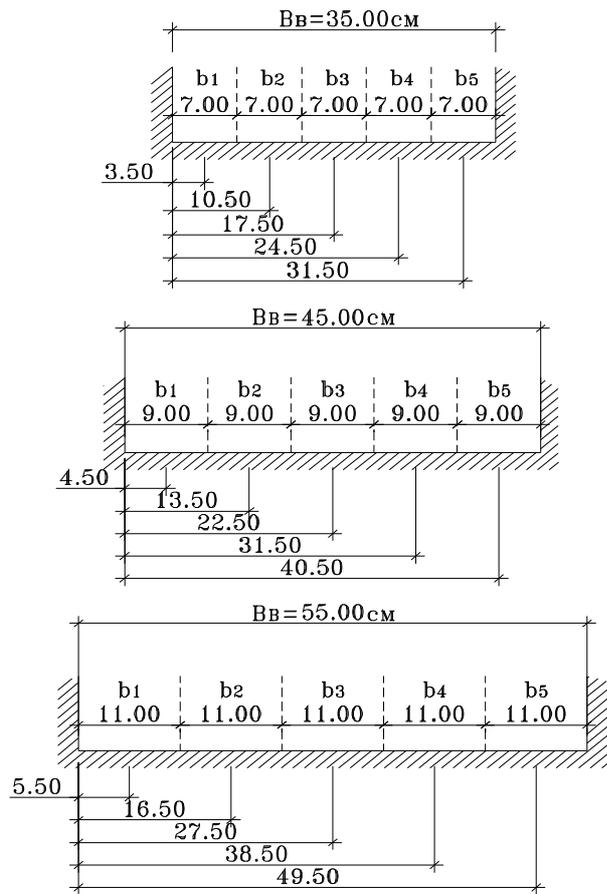


Рисунок 2 - Схема модели для замеров глубин и скоростей

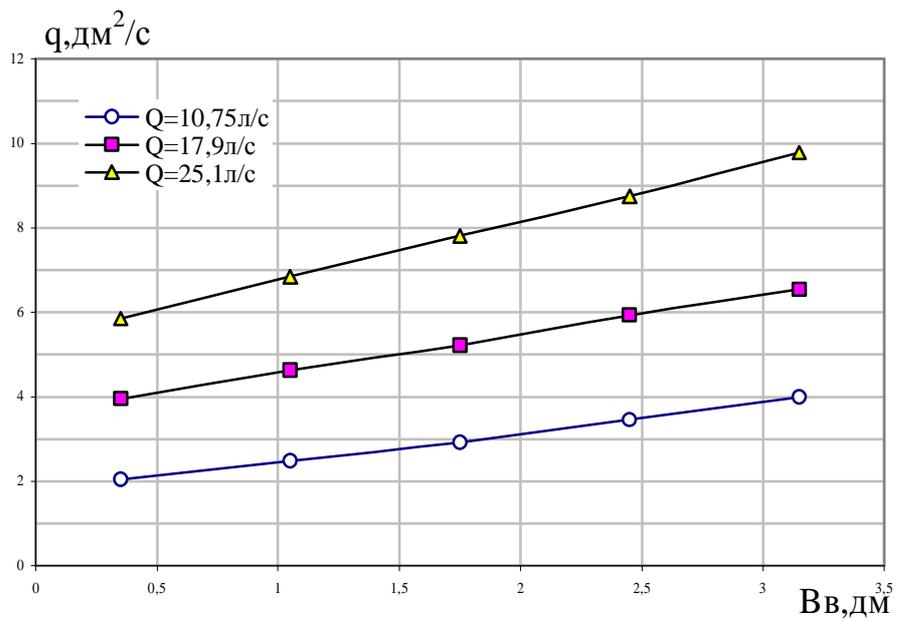


Рисунок 3 - Распределение удельного расхода по длине гребня бокового водослива $BВ = 35\text{ см}$

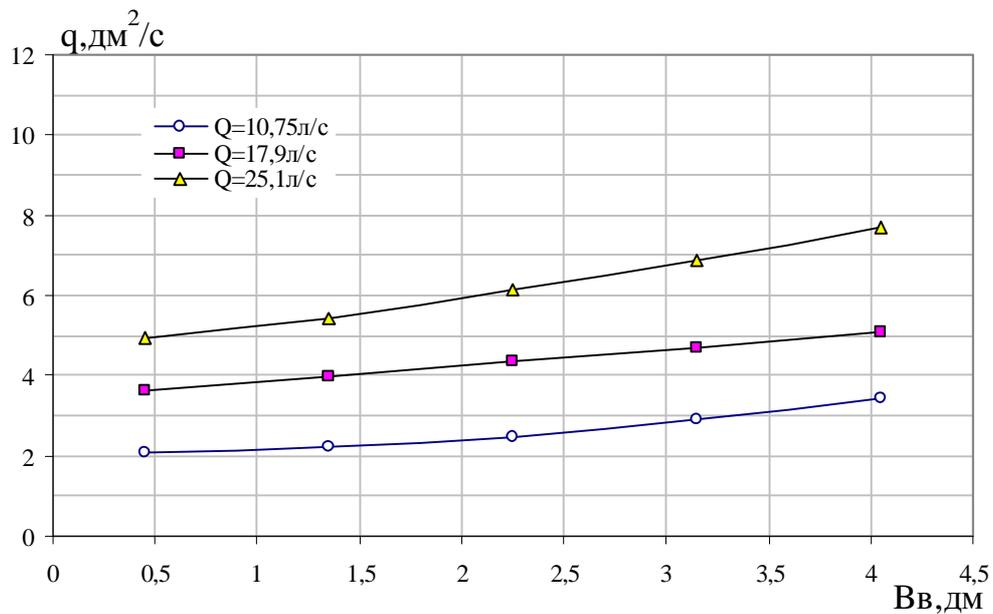


Рисунок 4 - Распределение удельного расхода по длине гребня бокового водослива $Bв=45\text{см}$

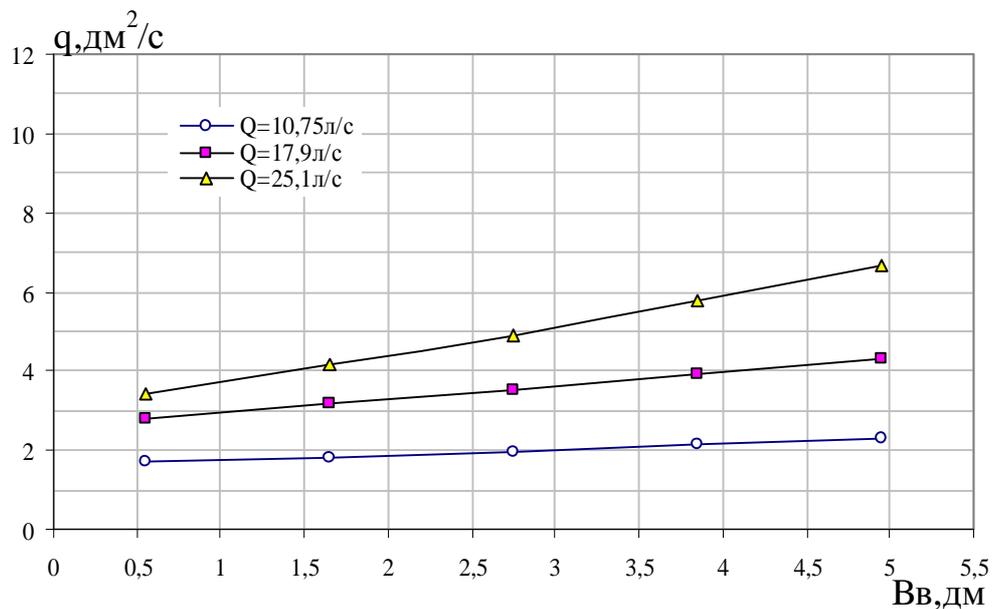


Рисунок 5 - Распределение удельного расхода по длине гребня бокового водослива $Bв=55\text{см}$

Характер изменения кривой, выражающей распределение удельных расходов по длине гребня имеет два ярко выраженных участка. В начале (по течению воды) выреза имеется зона «затенения», в которой на некоторой длине порога движения воды отсутствует. Особенно этот участок проявляется при больших

расходах и скоростях потока. Кроме того, на этом участке поток вынужден поворачивать почти на 90° , так что нормальная составляющая вектора скорости значительно меньше, чем на остальном участке водослива. Длина этой зоны затенения составляет порядка 10% от длины выреза. На оставшемся участке распределение удельных расходов практически прямолинейно. Это можно наблюдать на рис. 3, 4, 5. Линия удельных расходов определяется с помощью условной величины $tg\alpha$ угла наклона линии изменения удельных расходов по длине гребня водослива к гребню водослива $1/l$ (рис. 6). Изменение $tg\alpha$ в зависимости от расхода водослива и высоты порога показано на рисунке 7.

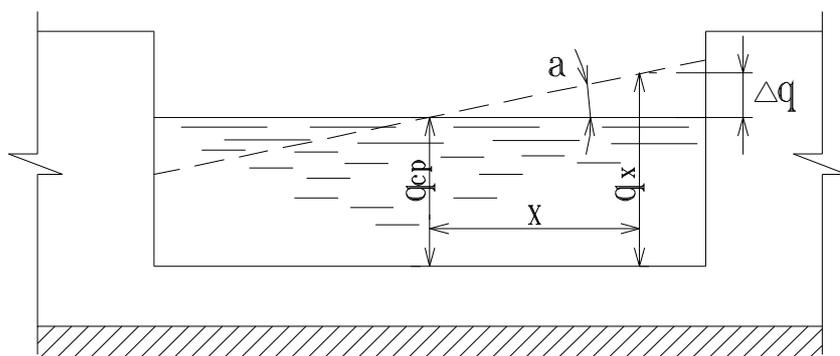


Рисунок 6 - Схема изменение удельного расхода по длине гребня водослива

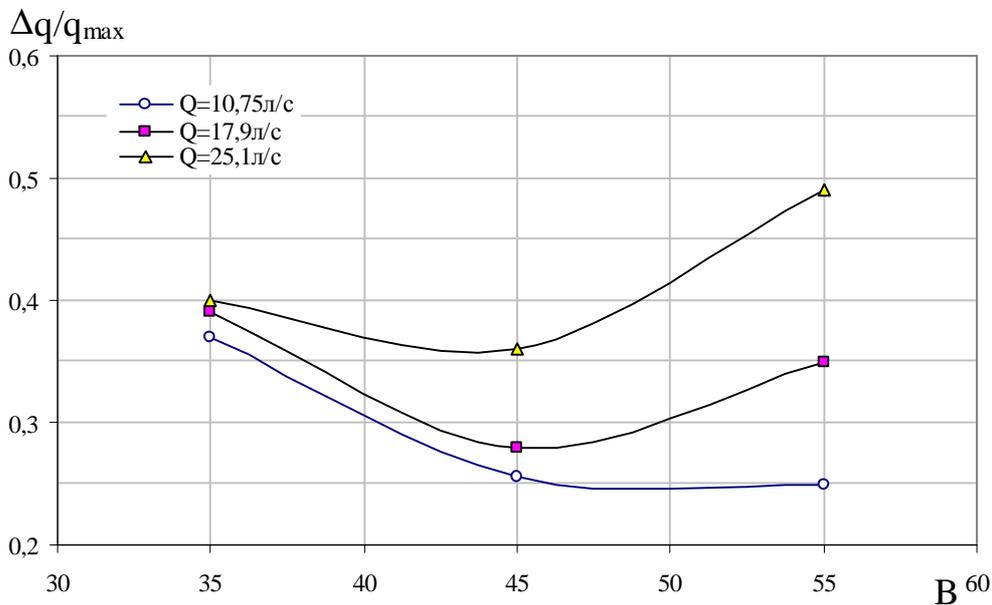


Рисунок 7 - Кривая зависимости $\frac{\Delta q}{q_{max}} = f(B)$

Если принять, что приращение удельного расхода изменяется пропорционально длине гребня водослива, то

$$\operatorname{tg} a = \frac{\Delta q}{x}.$$

Расход по длине гребня бокового водослива на участке x определяется по зависимости

$$q_x = q_{cp} \pm \Delta q,$$

где Δq - приращение расхода на участке x по длине гребня бокового водослива;

x - расстояние от середины гребня водослива принимается вправо (к концу водослива) со знаком плюс и влево (к началу водослива) со знаком минус;

q_{cp} - средний удельный расход по длине гребня водослива.

На основании полученных данных (рис. 3, 4, 5) были построены графики неравномерности распределения удельных расходов $(\Delta q/q_{max})=f(B)$ (рис. 7).

Анализ зависимостей неравномерности распределения удельных расходов на пороге выреза позволяет сделать следующие выводы:

- при относительно небольшой глубине выреза ($0,4l_{кол}$) и большой длине выреза ($0,6l_{кол}$) неравномерность удельных расходов достигает максимальной величины при расходах водосброса больше $0,5Q_{max}$;

- минимальная неравномерность распределения удельных расходов наблюдается при длине выреза $0,5l_{кол}$;

- при расходах водосброса меньше $0,5Q_{max}$ увеличение длины выреза больше $0,5l_{кол}$ не влияет на неравномерность распределения удельных расходов;

- поскольку определяющим гидравлическим режимом является пропуск расчетного (максимального) расхода, можно рекомендовать выполнение выреза длиной $0,5l_{кол}$.

Литература

1. Агасиева С.И. Боковые водосливы и траншейные водосбросы. 1956. Москва.
2. Гидравлические расчеты водосбросных гидротехнических сооружений. Справочное пособие. Москва. Энергоатомиздат. 1988.
3. Курганов А.М., И.Ф. Федоров. Справочник по гидравлическим расчетам систем водоснабжения и канализации. Ленинград. Стройиздат. 1973.
4. Руднев С.С. Боковые водосбросы. Госэнергоиздат, 1941, Москва.

УДК 626.862.4

СОЗДАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ НОВЫХ ЭФФЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ДРЕН ЗАКРЫТОГО ТИПА И РАЦИОНАЛЬНЫХ СПОСОБОВ ИХ СТРОИТЕЛЬСТВА

В.В. Бердянский, В.Н. Бердянский
НПО САНИИРИ, Ташкент, Россия

Более 45 лет в Узбекистане на землях сельскохозяйственного назначения строится горизонтальный дренаж закрытого типа, разрабатываются и совершенст-

вуются специализированные машины, технологические процессы, конструкции закрытых дрен и их элементов. В настоящее время традиционная конструкция горизонтального дренажа закрытого типа включает дренажную линию, контрольно-смотровые колодцы, расставленные по трассе дрены, концевую часть и устье. Водоприемная часть дренажной линии, строящаяся узкотраншейным способом, изображена на рисунке 1, где в поперечном сечении показана дренажная полимерная труба с волокнистым фильтром или без него, в круговой обсыпке зернистым фильтром. Пустота траншеи над фильтром до верха заполняется рыхлым грунтом из временного отвала с последующим уплотнением. Недостатком этой конструкции является невозможность использования её при уровне грунтовых вод, превышающем дно отрываемой траншеи, вследствие скопления грунтовой воды в зоне работы роющего органа, что является причиной образования пульпы, кольматации фильтров и гидродинамического биения, вызывающего обрушение стенок траншеи.

Для устранения этих негативных факторов предлагается новая эффективная конструкция горизонтальной дрены закрытого типа, включающая дренажную линию без каких-либо путевых сооружений, начало которой выведено на дневную поверхность земли в виде дренажной трубы с волокнистым фильтром путем плавного перехода от горизонтали к вертикали. На конце дренажной трубы монтируется крышка из полимерного материала с замком (АС № 1669227 (СССР)). Дренажная труба с волокнистым фильтром высотой 0,5 – 0,7 метра от поверхности земли обсаживается асбестоцементной трубой, один конец которой заделывается в землю на глубину до 1-1,5 метров. В качестве защиты от механических повреждений дополнительно предусматривается железобетонное кольцо диаметром и высотой 1 метр, устанавливаемое концентрично с выводом. Устье в виде дренажной трубы с волокнистым фильтром выводится за пределы откоса коллектора или его кармана на 0,3-0,5 метра. Концевая часть траншеи на длине 4-24 метра заполняется до верха природной песчано-гравийной смесью с отсортировкой фракций крупнее 60 мм. Эта засыпка служит пригрузкой вышележащего грунта в траншее и для хорошего отвода оросительной воды, собирающейся в конце поля в процессе поливов.

На рисунке 2 изображено типовое поперечное сечение водоприемной части дренажной линии, строящейся узкотраншейным способом. Сущность новизны состоит в том, что ниже дна траншеи изготавливается ложе в материковом грунте ненарушенной структуры глубиной 0,65 диаметра трубы и шириной, обеспечивающей напряженную посадку дренажной полимерной трубы с волокнистым фильтром путем сжатия ее по горизонтальному диаметру и введением по вертикали до отказа с одновременным снятием сжимающего действия. По бокам и сверху дренажная линия засыпается слоем зернистого фильтра расчётной толщины. Над фильтром траншея заполняется до верха рыхлым грунтом из временного отвала с последующим уплотнением. Данная конструкция позволяет быстро и надежно отводить грунтовую воду из зоны

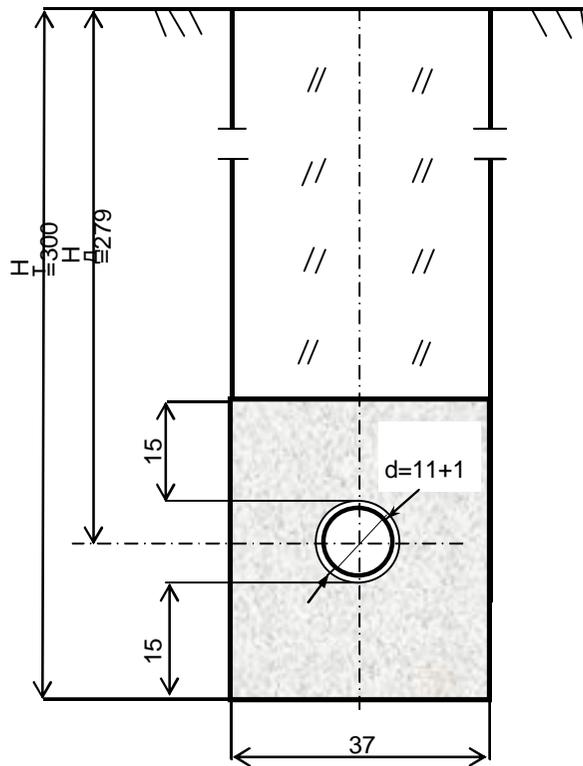


Рисунок 1 - Традиционная конструкция

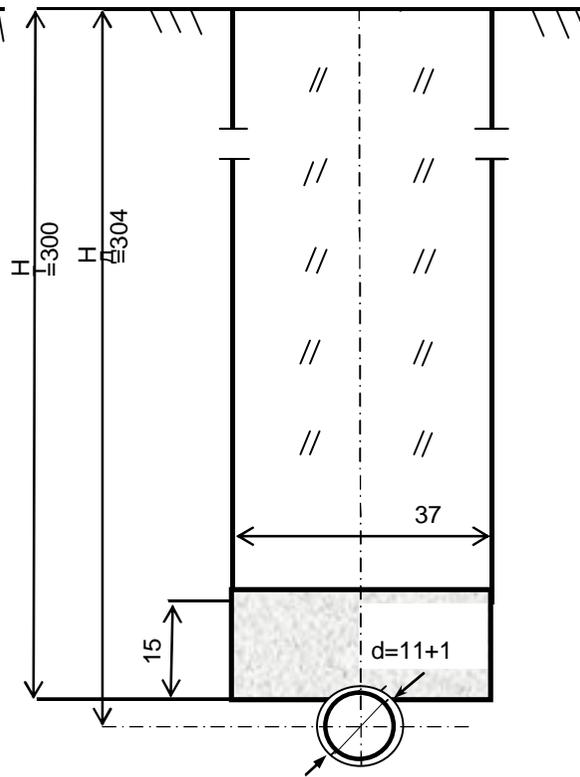


Рисунок 2 - Новая эффективная конструкция

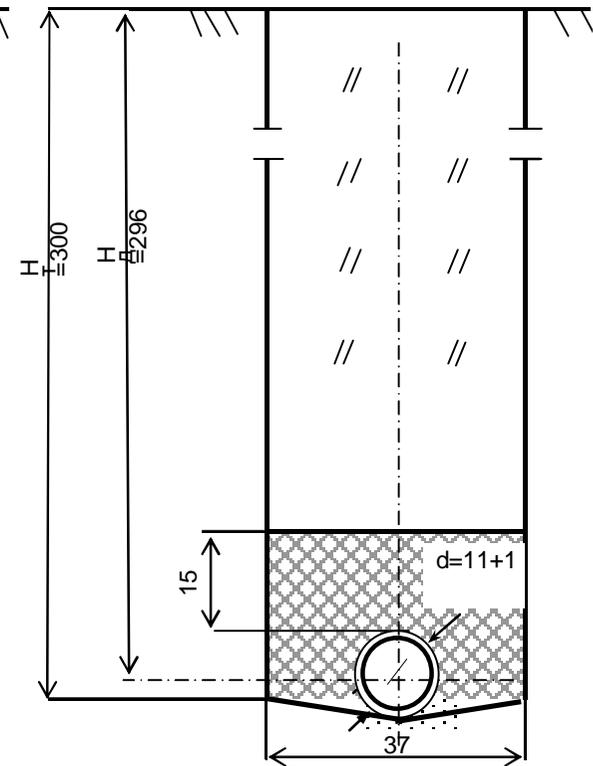


Рисунок 3 - Новая универсальная конструкция

Типовые поперечные сечения водозахватной части горизонтальных дрен закрытого типа

работы роющего органа. При экономии зернистого фильтра эта конструкция обеспечивает увеличение расчётного статического напора грунтовых вод и сохраняет необходимое водозахватное действие, что обеспечивает возможность использования её при уровне грунтовых вод, превышающем дно траншеи.

На рисунке 3 изображено поперечное сечение новой универсальной конструкции горизонтальной дрены закрытого типа, эффективность которой обеспечивается за счет опускания дренажной трубы с волокнистым фильтром на дно траншеи, где вырезана призма с углом 90° - 120° , а по бокам и сверху засыпается слоем зернистого фильтра расчётной толщины. При уровне грунтовых вод, превышающем дно траншеи, эффект данной конструкции достигается за счет быстрого и надежного отвода грунтовой воды из зоны работы роющего органа и предотвращает образование пульпы в процессе отрывания траншеи. Благодаря этому предотвращается кольятация фильтров, а также, гидродинамическое биение на стенки траншеи. Дрена с универсальным сечением работает с увеличенным расчётным статическим напором грунтовой воды, что повышает её водозахватное действие. Все остальные параметры дрены аналогичны в целом дрене, описанной выше (рис. 2). Эта универсальная конструкция не требует сколько-нибудь серьёзных доработок в конструкции оборудования укладываемого дрена рабочему органу узкотраншейных дренаукладчиков любых фирм.

Обоснованием для отказа строить контрольно-смотровые колодцы по трассе дрены послужили следующие факторы- это желание прокладку дренажной линии выполнять непрерывно и оставлять её цельной в процессе эксплуатации. Другим фактором явились наши наблюдения за состоянием горизонтальных дрен закрытого типа, построенных в период 1959-1995 гг. в различных хозяйствах Голодной и Джизакской степи, которые позволяют утверждать, что описанные новые конструкции (рис. 2 и 3) не потребуют в ближайшие 55 лет очистки полости дренажного трубопровода. Наблюдения велись методом вскрытия горизонтальных дрен закрытого типа и анализа состояния дренажных трубопроводов из асбестоцементных и керамических (гончарных) труб длиной 50 см с коническими срезами на концах; керамических (гончарных) труб длиной 33 см с плоскими торцами; керамических (гончарных) раструбных труб длиной 50 см; полимерных гофрированных труб большой длины. Все вышеперечисленные трубы укладывались с круговым зернистым фильтром; полимерные гофрированные трубы большой длины с круговым синтетическим волокнистым фильтром и двухслойным фильтром из волокнистых и зернистых материалов. Дренажные трубопроводы других конструкций не наблюдались в связи с отсутствием инженерного и промышленного интереса к ним. Следующим фактором обоснования ненужности контрольно-смотровых колодцев по трассе дренажной линии может служить очень малый объем (7-25%) их использования при очистке полости и ремонте дренажных трубопроводов. При этом основной объем этих работ (более 70%) выполняется через шурфы, отрывание которых производится по координатам, определяемым в процессе ремонта и очистки. Четвертым фактором в обосновании ненужности строительства контрольно-смотровых колодцев служат их высокая трудоемкость и искусственное на-

рушение целостности дренажного трубопровода. Кроме того, возможны появления окон для засорения и заноса грунта при нарушении герметизации стыков дренажного трубопровода с обсадной трубой колодца и самого колодца при сборке его из отдельных элементов. Пятым фактором являются наземные части колодцев, которые создают определенные трудности для работ машин, используемых в сельскохозяйственном производстве. Вместе с этим, строительство контрольно-смотровых колодцев следует считать обязательным в местах изменения направления трассы дренажных линий и слияния дрен. При этом их внутренний диаметр должен быть не менее 1 метра.

В настоящее время разработана и патентуется новая конструкция контрольно-смотровых колодцев, которая должна обеспечить хорошую технологичность и экономичность их строительства и надежность в эксплуатации.

Рациональные способы строительства новых универсальных конструкций горизонтальных дрен закрытого типа складываются из следующих основных операций и последовательности их выполнения. Подготавливается путь для дреноукладчика шириной 3-3,5 метра. По трассе монтируется дренажный трубопровод из отрезков полимерных гофрированных перфорированных труб с волокнистым фильтром. Прокладка дренажной линии начинается от водоприёмника (коллектора) с выпуском дренажной трубы с волокнистым фильтром за пределы откоса на 0,3-0,5 метра. Дреноукладчик должен передвигаться к началу дрены без каких-либо задержек и длительных остановок. С самого начала дрены в траншею засыпается через дреноукладчик зернистый фильтр расчетных размеров. После укладки первых 15-25 метров дрены концевая часть траншеи заполняется доверху природной песчано-гравийной смесью с отсортированной фракцией крупнее 60 мм. Выполняться эта операция может специализированными машинами-перегрузчиками сыпучих материалов или автосамосвалами. Процесс непрерывной работы дреноукладчика поддерживается с помощью гидравлического экскаватора с рабочим оборудованием двухчелюстного грейфера в комплекте с тракторными тележками для перевозки грунта вместимостью 9-15 м³, специализированных перегружателей сыпучих материалов или с помощью автобетономешалки. Засыпка траншей доверху производится грунтом из временного отвала с помощью специализированных засыпателей или бульдозеров. Работа бульдозеров при засыпке траншей должна организовываться в 2 приёма: надвигкой грунта на засыпанную часть траншеи и затем вдоль траншеи, наступая на уходящий дреноукладчик.

Следует также воспользоваться опытом строительства закрытых дрен когда верхний слой фильтра засыпается защитным слоем грунта толщиной 0,3-0,5 метра путём срезки берм траншеи с обеих сторон с помощью специального приспособления. Дреноукладчик заканчивает прокладку дренажной линии, выглубляя рабочее оборудование, а дренажная труба с волокнистым фильтром плавно выводится по откосу забоя на материковом грунте на дневную поверхность, где устанавливается обсадная труба и крышка с замком. Эти операции выполняются вручную. Уплотнение обратной засыпки грунта в траншею рекомендуется производить при наличии оросительной воды путем прокладки гофрированной перфорированной трубы диаметром 63 мм в средней части засыпки

вдоль траншеи по большой длине для пропуска воды с небольшими расходами.

Строительство контрольно-смотровых колодцев в местах, указанных выше, выполняется полумеханизированным способом. Новым в технологии является сборка деталей обсадной трубы и её соединение с дренажной линией с использованием в качестве уплотнения пороизоловых прокладок. По наружному диаметру обсадной трубы в местах подхода дренажной линии производится засыпка зернистого фильтра. Остальная часть пазухи между обсадной трубой колодца и материковым грунтом заполняется грунтом жидкой консистенции (АС № 1051158). Эта операция выполняется с помощью авторастворомешалки.

Строительство новой универсальной конструкции горизонтальной дрены закрытого типа и рациональные способы выполнения операций позволяют сэкономить до 40% зернистого фильтра, уменьшить плотность дренажа на 9% и снизить стоимость в 1,35 раза. В процессе эксплуатации таких дрен расходы на их содержание в рабочем состоянии сократятся в 6-18 раз.

УДК 631.43

К ВОПРОСУ О МОНИТОРИНГЕ В ЗОНЕ ОРОШЕНИЯ

Е.С. Лепнова

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

В настоящей статье рассматривается интегральный показатель состояния водных объектов мелиоративного назначения. Существующие подходы и показатели состояния мелиоративных объектов (МО, /1-6/) не исключают возможность использования интегрального показателя /9-10/. Как доказал анализ литературных источников /4-6, 11/ и результатов комплексных исследований ВНИИГиМ /7/, таким показателем является скорость сработки уровня воды в опытных объектах (каналах, площадях под промывкой и др.). В качестве методического контроля могут служить результаты замеров на установках, моделирующих условия работы реальных мелиоративных объектов (отсеки каналов, кольца Нестерова, «большие кольца», фильтрационные кольца и др.).

Для практической оценки состояния (МО), на примере оросительного канала переводят общепринятую единицу измерения удельных потерь воды на фильтрацию из канала (g , л/с/км; СНиП 2.03.06.85) в предлагаемый интегральный показатель (V , мм/сут; или л/сут/м² площади зеркала). Для этого достаточно в значение g ввести поправочный коэффициент ($86,4/B$), где B – средняя ширина канала по урезу воды на обследованном участке (м) и зафиксировать фактические сроки работы оцениваемого объекта.

Полученное при этом значение V сравнивают с начальным значением (V/V_0) для этого же участка. Таковым считают момент начала эксплуатации или в экспериментальных условиях момент наступления стабилизации (показатель относительного отклонения, $\theta_{отн}$, %; /7-10/).

Согласно известной или вновь принятой градации конкретного типа объектов характеризуют его состояние на момент обследования. Таким образом можно количественно оценить текущее состояние объекта. Для наиболее де-

тальной оценки служат графики $V=f(V_0, t)$ за принятый расчетный период Δt (месяц, сезон от t_0 до t_k) и за суммарные сроки службы МО ($\Sigma \Delta t$).

Анализ и обобщение предлагаемых многочисленных показателей /7/ указывают на сложность их использования для разделения каналов на группы с хорошей, средней и неудовлетворительной оценкой (Гвенитадзе Г.В. 1975; Бурчак Г.В., Петраш А.Д. 1975; Косиченко Ю.М., 1998). Все рекомендации сводятся к использованию традиционного показателя – КПД. На наш взгляд этот показатель достаточно надежно характеризует оросительную систему в целом и крупные каналы, однако требует замеров на всем комплексе объектов, что крайне трудоемко.

Ниже предложено разделять каналы по соблюдению условий командования. Это возможно /8/ при делении их на три группы: I. Экологически безопасные $-V=0...10$ мм/сут; II. Работоспособные $-V=0...100...300$ мм/сут; III. Неработоспособные из-за повышенных потерь на фильтрацию и сложности соблюдения проектных режимов подачи воды $-V=0,3...0,5...1$ м/сут и более.

Для выявления условий предстоящей реконструкции каналов предлагается разбить указанные три группы на шесть подгрупп /7/. При этом для общей характеристики состояния ложа обследованного канала предложены оценки: **I.1 отличное состояние**, т.к. значение $0...10$ мм/сут равно среднесуточному слою испарения с водной поверхности (за вегетационный период); **II.1 хорошее**, т.к. условия командования канала обеспечено в проектном рабочем режиме подачи воды $-V=10...50$ мм/сут); **II.2 удовлетворительное**, т.к. условия командования канала может быть обеспечено лишь в форсированном режиме $-V=100...300$ мм/сут), **III.1 неудовлетворительное**, т.к. обеспечение подачи воды по каналу в таком состоянии опасно и без внепланового отключения других каналов сложно $-V=0,3...0,5$ м/сут); **III.2 критическое** - по визуальной оценке подача воды по такому участку канала невозможна из-за высоких потерь на фильтрацию $-V=0,5...1$ м/сут); **III.3 катастрофическое состояние**, при котором ложе канала теряет сплошность, подвергается разрушению и может потребовать внепланового ремонта $-V> 1$ м/сут.

Примеры предлагаемой градации и соответствующей оценки состояния действующих каналов, проработавших известное число лет (2..3; 3..5; более 7) проведены нами в /9/. Исходные данные взяты из отчета САНИИРИ, выполненного для Средазгипроводхлопка (Р.М.Горбачев, 1968...1972гг./ на 4-х типах каналов с разными противофильтрационными одеждами и без.

Аналогичные примеры градации и оценки фактического изменения состояния староорошаемых территорий приведены нами в /9/ (по пяти категориям почв, исследованных в четырех регионах Средней Азии (ВНИИГиМ. 1981). Сравнение проведено нами согласно известной градации основных типов почв по диапазону значений установившейся скорости впитывания (по отношению к значениям водопроницаемости тех же типов почв на целинных землях).

Не только количественно, но и качественно показано, что уровень снижения водопроницаемости практически всех типов орошаемых почв становится низким /7/, т.е. происходит фактический «переход» по уровню проницаемости одного типа почв в другой (от песчаных в сторону глинистых). При этом опас-

ная тенденция к снижению (в 5-7 раз) продолжала сохраняться (согласно показателям варьирования результатов длительных полевых опытов в том же регионе - данные Голодностепского полигона ВНИИГиМ).

Физическое объяснение ясно выраженного снижения, по мнению автора – Т.А.Труновой - потеря структуры почвами. Более общее объяснение снижение активной пористости в процессе освоения при периодическом промачивания, как почв, так и подстилающих их грунтовых толщ.

Итак, выявлено, что водопроницаемость зон, промачиваемых под каналами, имела тенденцию к росту (в 2..3...5 раз). Это объясняется другими условиями промачивания по сравнению с орошаемыми площадями и подтверждается режимными наблюдениями в течение 3-4 сезонов на опытном полигоне ВНИИГиМ в Голодной степи /7-10/.

Результат исследований – экспериментальные зависимости, типы которых после проверки названы базисными.

Однотипные группы действующих каналов, проработавшие практически равные сроки (1..2; 3..4; 5...7 летних сезонов), могут быть выделены визуально. Затем их оценивают по количественным показателям на пространственную неоднородность и временную изменчивость. Для этого на выбранных группах каналов проводятся разовые (желательно, режимные) замеры потерь воды на фильтрацию. Диапазон значения V оценивают на различие между начальными и конечными значениями через месяц...сезон (V_o/V_k или V_k/V_o). Далее - по показателю отклонения единичных результатов от средних - оценивают степень фактической стабилизации процессов /10/.

Режимные наблюдения позволят своевременно выявить наиболее опасные участки каналов (III.2, III.3). Для остальных - целесообразно оценивать фактическую тенденцию к переходу объекта из начального зафиксированного состояния в сторону ухудшения, улучшения или сохранения его практически неизменным внутри одной подгруппы - («отличное-хорошее-удовлетворительное»). При этом очень важно количественно оценивать степень пространственной неоднородности между каналами, визуально признанными практически одинаковыми. Таким образом, возникает возможность подтверждать или уточнять предварительные заключения экспертов о принадлежности выделенных групп каналов к одной из градаций и делать соответствующие выводы.

Известно, что режимные замеры потерь из каналов необходимы для определения общепринятых характеристик (КПД; поправок к расходу в голове каналов; для контроля пропускной способности и др.). Вычисление предлагаемых значений V и получение графиков $V=f(V_o, t)$ не требует дополнительных обследований кроме уточнения средней ширины канала по урезу воды (B , м) и сроков фактической его работы. Показатели пространственной и временной изменчивости состояния каналов должны (также без дополнительных обследований) помогать уточненной оценке общего состояния каналов.

В целом комплекс количественных характеристик и достаточно объективная информация будет способствовать принятию необходимых, действенных, выборочных мероприятий. Результаты крайне нежелательного хода процессов, как бы неизбежно происходящих при эксплуатации под конкретными

мелиоративными объектами, могут быть своевременно количественно зафиксированы. Предотвращение или сокращение опасных последствий при орошении требует гораздо меньших затрат, чем на более поздних этапах эксплуатации.

Предлагаемый интегральный показатель состояния каналов – величина скорости сработки уровня воды – имеет ряд следующих положительных качеств:

- достоверность предлагаемого показателя не вызывает сомнений;
- доступность измерений требуемых исходных значений величин с возможностью проверки сомнительных результатов;
- наглядность значений показателя V ;
- возможность использования интегрального показателя единого для характеристики и оценки состояния разных мелиоративных объектов в сравнении с их начальным состоянием;
- возможность визуально (по графикам $V=f(V_{от})$) и количественно по показателям варьирования ($\theta_{отн,i},\%$, $\theta_{отн,i}=f(t)$ и r) оценивать пространственную и временную изменчивость МО под влиянием комплекса природных и антропогенных факторов.

Использование предлагаемого способа /7-10/ наиболее целесообразно в начальный период освоения земель под орошение.

Начало эксплуатации сопровождается значительными, но обычно не учитываемыми, колебаниями потерь воды на фильтрацию под элементами оросительных систем из-за пульсаций активной пористости в зоне промачивания и преобладания то кольтматационных процессов над суффозионными, то суффозионных над кольтматационными. Естественно, что результаты таких антропогенных воздействий различны. Они проявляются, например, в недопустимо высоком поднятии УГВ.

К сложности использования интегрального показателя – скорости сработки уровня воды в водоисточнике – можно отнести проблему регулярного контроля. Без результатов режимных наблюдений за потерями воды на фильтрацию под различными мелиоративными объектами крайне затруднен своевременный контроль и объективная оценка их общего состояния, что осложняет назначение и обеспечение оперативных, наиболее действенных, и, очевидно, наиболее эффективных мер, создание необходимых условий для безаварийной работы мелиоративных объектов.

Литература

1. А.Н.Костяков. Основы мелиорации. – «Сельхозиздат» – М.,1938
2. А.Н.Костяков. О динамике коэффициента просачивания воды в почво-грунты и необходимости динамичного подхода к его изучению в мелиоративных целях.- «Почвоведение», №3, 1932
3. Грунты. Методы полевых испытаний проницаемости: ГОСТ 23278.78, М,1986
4. Ведущие ученые-мелиораторы современности - М.: «Ассоциация ЭкоСт», 2002
5. Н.П.Карпенко. Управление функционированием мелиоративных систем. Юбилейный сборник ВНИИГиМ. М. Т 1 2004

6. Ю.М.Косиченко. Оценка гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности оросительных каналов (пособие к СНиП) – М.: Госэкомелиовод, 1998
7. Е.С.Лепнова. Исследование изменений водопроницаемости лессовидных слоистых грунтов в процессе периодического их промачивания на мелиоративных системах; Дисс. канд. техн. наук. - М., ВНИИГиМ, 1979
8. Е.С.Лепнова. Экологические ограничения на изменение показателя фильтрационных потерь из каналов. Сб. Вопросы мелиорации. № 3-4, 2002
9. Е.С.Лепнова. Способ оценки состояния мелиоративных объектов в зоне орошения. – Мелиорация и водное хозяйство, № 6, 2002
10. Е.С. Лепнова. К вопросу оценки состояния мелиоративных объектов в условиях орошения. Юбилейный сборник ВНИИГиМ. М., Т 1 .2004.
11. Е.В.Шеин. Современные тенденции и проблемы экспериментального определения, оценки и интерпретации данных. Сб. «Экспериментальная информация в почвоведении: теория и пути стандартизации» М., МГУ, 2005
12. Dedrick A.R. and Laurizen C.W. Earth Linings for Seepage Control: Evaluation of Effectiveness and Durability, April, 1974

УДК 626.862..4. 001.57

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЛУБИНЫ УКЛАДКИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА С УЧЕТОМ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

Г.Х. Бедретдинов, И.С.Карпушкин
ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Технология строительства дренажа на орошаемых землях включает выполнение подготовительных, основных, вспомогательных и заключительных операций. Последовательное выполнение подготовки трасс дрен, укладки дренажной линии, обратной засыпки с параллельной доставкой материалов к месту укладки требует взаимной увязки выполняемых операций для достижения минимальной стоимости строительства.

Вопросы оптимизации технологии строительства дренажа на орошаемых землях достаточно полно рассмотрены в работах Е.Д. Томина, А.Я. Шапочкина, Л.В.Кирейчевой, В.И.Миронова, В.М.Темченко: при этом комплексное решение задачи связано с оптимизацией параметров дренажной сети с учетом технологии производства работ.

Оптимизация дренажной сети предусматривает выбор: типа трубы; диаметра трубы; типа фильтра и толщины дренажной обсыпки [1]. Оптимизация технологии производства работ предусматривает определение основных параметров, обеспечивающих минимальную стоимость строительства. При известных оптимальных параметрах дренажной сети представляет интерес решение частной задачи оптимизации глубины укладки дрен.

По опыту строительства дренажа в США укладка дрен выполняется по правилу «укладывать трубы так глубоко, как возможно». Однако при этом учитывается, что с увеличением глубины укладки свыше 2,4 м удельная стоимость дренажа повышается на 6,7 цента на каждые дополнительные 10 см глубины [2]. Тогда можно предположить, что на эффективность укладки влияют удельная протяженность дрен и технология производства работ; при этом су-

ществует оптимальная глубина, обеспечивающая минимальную стоимость укладки дренажа.

В общем виде моделирование дренажной сети включает: выбор критерия оптимизации, формирование функции цели (целевой функции), математическое описание исследуемого процесса, установление постоянных параметров (констант) и ограничений на основные параметры.

В качестве критерия оптимизации при решении задачи принимается удельная стоимость укладки дрен, приведенная к одному гектару орошаемой площади. Удельная протяженность дренажа на один гектар определяется $Q = 10000/B$, где B - междреннее расстояние, м. Стоимость укладки дрены включает сумму стоимости материалов C_m , руб/м и стоимости укладки дрен C_y , руб/м. Тогда функция цели (целевая функция) записывается в виде:

$$S = \frac{10000}{B} (C_m + C_y) \Rightarrow \min, \quad (1)$$

где, S - удельная стоимость укладки дренажа на площади 1 га.

Предлагаемая целевая функция увязывает мелиоративные параметры сети (междреннее расстояние) с технологией производства работ и соответствует требованиям комплексности решения задачи.

Междреннее расстояние рассчитывается по основной зависимости [1]:

$$B = 4 \left(\sqrt{\Phi^2 + \frac{T \Delta H}{2W}} - \Phi \right), \quad (2)$$

где Φ - фильтрационное сопротивление на несовершенство дренажа по степени вскрытия водоносного пласта, м; T - проводимость водоносной толщи, м/сут; ΔH - превышение уровня подземных вод в междренье над горизонтом воды в дрене; W - величина инфильтрационного питания, м/сут.

Удельная стоимость укладки дрен определяется $M/P_э$, где M - стоимость эксплуатации на 1 час работы машины (стоимость машино-часа), руб/ ч, $P_э$ - часовая эксплуатационная производительность укладки, м/ ч. В стоимость эксплуатации M наряду с основной машиной - дреноукладчиком включаются затраты на погрузку, транспортировку и подачу материала дренажной обсыпки.

С учетом указанных выражений математическое описание технологического процесса представляется в виде:

$$S = \frac{2500}{\sqrt{\Phi^2 + \frac{T \Delta H}{2W}} - \Phi} \cdot \left(C_m + \frac{M}{P_э} \right). \quad (3)$$

Основные параметры, определяющие междреннее расстояние, типовые фильтрационные схемы, коэффициенты фильтрации, проводимость и интенсивность напорного питания, определяются в виде постоянных величин или рассчитываются по зависимостям [1].

На основные параметры выражения (1) накладываются ограничения, учитывающие специфику исследуемого технологического процесса. Технологические возможности устанавливаются по предельным техническим параметрам машин, при этом ограничиваются: максимальные дальности транспортирования материалов песчано-гравийной обсыпки, техническая производительность, минимальная и максимальная глубина укладки дрен.

Для расчетов в формуле (3) необходимо определить зависимость эксплуатационной производительности от глубины укладки дрены. Техническая производительность определяется по балансу мощности дреноукладчика. Для расчетов используются результаты экспериментальных исследований и испытаний машин.

По полученной зависимости проведен расчет стоимости укладки дренажа, работающего по однослойной типовой фильтрационной схеме, с применением в качестве ведущей машины дреноукладчика ДУ-3502 с прямым вращением цепи. При расчетах эксплуатационная производительность определялась по корреляционной зависимости [3] $N = a \cdot 10^{b \cdot P_T}$, где N – мощность привода рабочего органа, кВт, P_T – техническая производительность дреноукладчика, м/ч, a, b – коэффициенты, зависящие от скорости вращения цепи рабочего органа, глубины разрабатываемой траншеи и гидрогеологических условий. Перевод технической производительности в эксплуатационную проводился с коэффициентом перевода $\kappa = 0,7$, полученным по результатам исследовательских испытаний.

Расчеты показывают (рис.1), что минимальная стоимость укладки дрен дреноукладчиком ДУ-3502 обеспечивается при глубине укладки 2,6 м, а рациональные глубины укладки составляют 2,2...3,1 м. при 10 % увеличении стоимости укладки относительно минимальной величины.

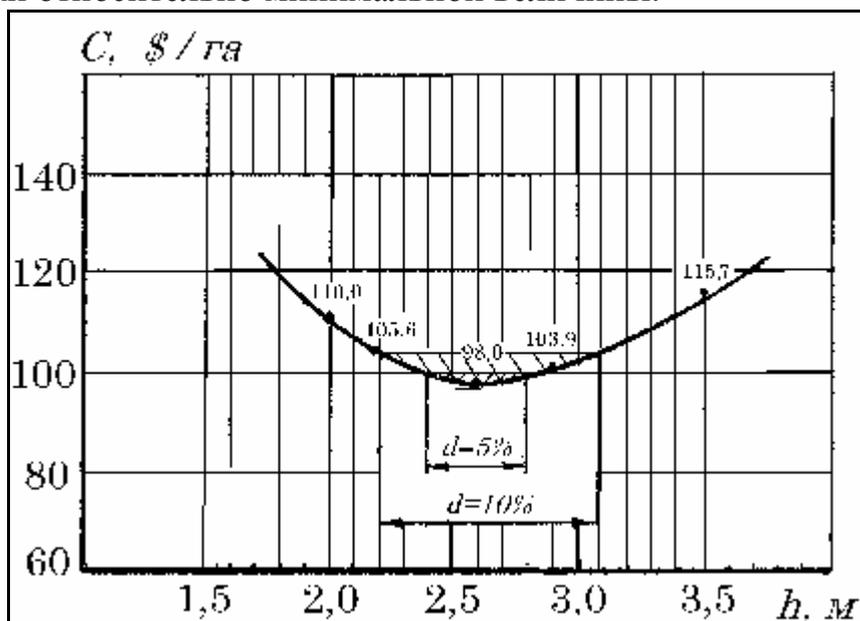


Рисунок 1 - Зависимость стоимости укладки дрен на площади 1 га от глубины укладки [4]

Проведенные расчеты подтверждают корректность применения разработанной модели для решения частной задачи нахождения оптимальной глубины укладки дрен на орошаемых землях.

Литература

1. Кирейчева Л.В. Дренажные системы на орошаемых землях: прошлое, настоящее, будущее.– М.: ВНИИГиМ, 1999, 202 с.
2. Маслов Б.С., Нестеров Е.А. Вопросы орошения и осушения в США. – М.: Колос, 1967, 320 с.
3. Полад-зале Р.П. Энергетические исследования рабочего органа узкотраншейного дренажника. В кн. Перспективные способы и комплексы машин для строительства и эксплуатации мелиоративных систем. Труды ВНИИГиМ, том 77. М.: ВНИИГиМ, 1990, с 10-13.
4. Бедретдинов Г.Х. Карпушкин И.С. Совершенствование технологии укладки дрен при высоком уровне грунтовых вод. В кн. Научные технологии в мелиорации. (Костяковские чтения). Международная конференция 30 марта 2005 г. Материалы конференции. М.: Изд. ВНИИА, 2005, с. 491-496.

УДК 631.6

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕЛИОРАЦИИ

Б.М. Кизяев, В.Н. Басс

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Обеспечение мелиоративных мероприятий техническими средствами всегда являлось одним из основных факторов интенсивного и качественного развития мелиорации в нашей стране. Особенное значение это приобрело в середине 60-х годов, когда начинался новый этап в развитии мелиорации земель, характеризуемый тем, что мелиорация земель стала частью аграрной политики государства, и начался переход от обустройства отдельных массивов к комплексной мелиорации целых регионов: Северного Кавказа, Поволжья, Нечерноземной зоны России, Сибири, Дальнего Востока, Среднеазиатских республик, Украины, Белоруссии и Прибалтийских республик.

Отличительная особенность этапа мелиорации земель 1965-1987 гг. - освоение все более сложных массивов земель, требующих для орошения подъема воды насосными станциями, устройства дренажа, промывок и других агро-мелиоративных мероприятий.

Возросший потенциал страны позволял в то время укреплять материально-техническую базу, создавать и широко внедрять в водохозяйственное строительство новые технологические процессы и комплексы мелиоративных машин, тем самым повышать степень комплексной механизации и индустриализации работ, устранить тяжелый ручной труд, повышать производительность труда и снижать стоимость работ.

Значительный рост объемов мелиоративного и водохозяйственного строительства стал возможным не только благодаря расширению парка строи-

тельных и мелиоративных машин в организациях Минводхоза СССР, но и существенным качественным изменениям в его структуре.

В 70-е годы началось преобразование Нечерноземной зоны России. За небольшой период с 1974 г. до 1990 г. на хорошо организованной базе Главнечерноземводстроя были созданы поистине колоссальная энергетическая, техническая и производственная структура способная выполнять в год объем работ до 1,2 млрд. руб. капитальных вложений. В тот период в Системе машин для комплексной механизации мелиоративных работ насчитывалось 740 наименований машин, в т.ч. 686 наименований находилось на производстве, их них для Нечерноземной зоны более половины техники. Так, для производства культуртехнических работ производилось 107 наименований машин, для строительства осушительных и оросительных систем 93 наименования, ремонта и эксплуатации сети – 53 машины и это не считая общестроительную технику, энергетические, транспортные и погрузочные средства и машины.

В парке Главнечерноземводстроя в 1988 г. насчитывалось:

- одноковшовых экскаваторов – 8700 шт;
- скреперов и бульдозеров – 6570 ед.;
- траншейных дренаукладчиков (ЭТЦ-2002 и ЭТЦ-2011) – 2650 ед.;
- бестраншейных дренаукладчиков МД-4, МД-12 – 80 ед.;
- камнеуборочных машин – до 900 ед.;
- тракторов – 21000 шт.;
- дисковые плуги и бороны – 1650 шт. и много другой техники.

Следует отметить, что за этот период были созданы уникальные машины для производства мелиоративных работ соответствующие лучшим образцам мировой техники.

Так, были созданы бестраншейные дренаукладчики МД-4 и МД-12, укладывающие пластмассовый дренаж с синтетическим, органическим и песчано-гравийном фильтром, траншейные, узкотраншейные дренаукладчики ЭТЦ-2002, ЭТЦ-2011 и ЭТЦ-1607 (рис.1), работающие по лазерному лучу, а также пассивные и активные рыхлители РС-0,8 (рис.2) и РВ-0,8, машины для срезки, корчевки и удаления древесно-кустарниковой растительности МП-18 и МП-19, машины для окашивания и очитки мелиоративных каналов МР-14, МР-19, КМ-82 и К-24А и другие машины.

Все это стало возможным, благодаря бурному развитию мелиоративного машиностроения, причем ВНИИГиМ, как головная научно-исследовательская организация Минводхоза СССР, выполнял функции координатора и заказчика и принимал активное участие в технико-экономических обоснованиях новой мелиоративной техники, разработке исходных технических требований, в испытаниях и приемке опытных образцов и во внедрении рекомендованных к серийному производству машин.

Кроме вышеперечисленных машин были разработаны и поставлены на производство:

- бестраншейная дренажная машина БДМ-300 для укладки пластмассового дренажа на орошаемых землях с высоким уровнем стоянием грунтовых вод;



Рисунок 1 - Узкотраншейный дренаукладчик ЭТЦ-1607



Рисунок 2 - Рыхлитель РС-0,8

- траншейные дисковые машины ТМТ-101 и ТМТ-121 для нарезки трапециевидальных дренажных щелей в торфяных грунтах, в.т.ч. и мерзлых;
- мобильный дренаукладчик МД-165 на базе Таллиннского экскаватора ЭТЦ-165 для укладки дренажа из пластмассовых труб узкотраншейным способом на осушаемых землях;

- комплекс пассивных и активных рыхлителей для мелиорации тяжелых и вторично уплотненных почв РГ-0,8, РГ-0,5, РС-0,5;
- кротователь К-0,7 и сменное оборудование к рыхлителю РС-0,8 для формирования аэрационных кротовин в тяжелых грунтах с целью улучшения вводно-воздушного режима;
- многоотвальные планировщики ПВМ-3 и ПВМ-5 для выравнивания и планировки торфяных почв;
- лазерные системы для выдерживания заданного уклона дренажными машинами и планировщиками УКЛ-1, УКЛ-2, СКП-1, САУЛ-1;
- тяжелые дисковые мелиоративные бороны БДМ-2,5 к тракторам кл.5 и 10 для обработки мелиорируемых земель с неполным оборотом пласта с высоким качеством;
- собиратель-погрузчик СП-3,2 на базе трактора Т-130 для сборки, транспортировки и складирования выкорчеванной и срезанной древесно-кустарниковой растительности при освоении закустаренных земель;
- плужные каналокопатели ПК-100 и ПК-1 и пятистоечный рыхлитель РС-5-0,8 на мелиоративном шасси МД-12;
- сменное оборудование к каналочистителям МР-14 и МР-16 для очистки облицованных бетоном каналов с разрушением наносов высоконапорной гидравлической струей.

Одновременно в рамках координации и научно-технического сотрудничества с ВНИИземмашем, ЦКБ Мелиормаш, СКБ Торфмаш были разработаны и поставлены на производство:

- экскаваторы-каналокопатели ЭТР-125, ЭТР-201, ЭТР-206, ЭТР-208 и ЭТР-301 для рытья оросительных каналов глубиной от 1,2 до 3 м;
- бестраншейные дреноукладчики МД-4, МД-12 для укладки пластмассового дренажа на глубину до 1,8 м на осушаемых землях и универсальный дреноукладчик ЭТЦ-2011 для укладки дренажа из керамических пластмассовых труб траншейным и узкотраншейным способами на глубину до 2 м;
- экскаваторы-дреноукладчики Д-658, Д-659, ЭТЦ-406А для укладки закрытого дренажа из керамических и асбестоцементных труб на глубину до 3,5-4,0 м на орошаемых землях;
- длиннобазовые планировщики Д-719, ДЗ-602, ДЗ-603 к тракторам кл.5-10;
- комплекты машин и оборудования МБ-15, МБ-17, МБ(4, 5, 6) для облицовки оросительных каналов глубиной 1,0; 1,5; 3,0 м монолитным бетоном;
- комплексы машин для рытья траншей, укладки, монтажа и гидравлических испытаний трубопроводов закрытых оросительных систем с диаметром труб 200...500 и 500...1200 мм (МВ-1, МВ-2, МВ-3, МВ-6, МВ-7, МВ-10, МВ-12, МВ-14);
- система машин для освоения закустаренных и залесенных земель с подготовкой удаляемой древесной массы к утилизации в составе корчевальных агрегатов МП-13, кусторезов ДП-24, МП-14, собирателя-погрузчика МП-15, подборщика-измельчителя МТП-82, роторного корчевателя МП-12, машин для фрезерования торфяника с кустарниковой массой МТП-42А, МГП-44А;

Создание и внедрение новых комплексов для выполнения всего спектра строительных и мелиоративных работ позволило поднять степень комплексной механизации работ до 85...99%, повысить производительность труда в 1,5...3 раза, в большинстве видов мелиоративных работ исключить ручной труд, снизить стоимость работ и значительно улучшить условия и культуру труда.

В последние годы в процессе реформирования сельского хозяйства строительство новых мелиоративных систем, практически, прекращено; не ведутся также работы по реконструкции и восстановлению ранее построенных систем, на эксплуатацию мелиоративных систем и обновление техники выделяется не более 1/3 потребных средств.

Мелиоративное состояние более чем 50% мелиорируемых земель резко ухудшилось из-за подъема грунтовых вод и засоления в зоне орошения, в зоне осушения из-за вторичного заболачивания осушаемых земель и их зарастания кустарником.

В результате нарушения функциональных возможностей мелиоративных систем уровень их технического состояния резко упал.

Во многом сложившаяся ситуация обусловлена развалом подотрасли мелиоративного машиностроения, моральным и физическим старением имевшейся в эксплуатации мелиоративной техники и отсутствием целенаправленного и устойчивого финансирования программы мелиоративного машиностроения.

Все это обуславливает настоятельную необходимость пересмотра отношения к развитию мелиоративного машиностроения в нашей стране. Не вызывает сомнения необходимость разработки серьезной программы для восстановления производства мелиоративной техники прежде всего для эксплуатации мелиоративных систем, культуртехнических работ и работ, связанных с улучшением мелиоративного состояния земель.

В этом направлении ВНИИГиМ ведет поиск путей для восстановления и создания парка самых необходимых машин. Используя собственные финансовые средства и средства заинтересованных организаций, ВНИИГиМ ведет ОКР по созданию перспективного каналоочистителя типа МР-19, разработал и испытал образцы фрезерного кустореза КФ-2,8 и роторного измельчителя древесины ИК-1,8 для восстановления вторично заросших земель, универсальный агрегат ЩКР-0,6 на тракторе МТЗ-82 для щелевания, рыхления и кротования мелиорируемых богарных и в т.ч. вторично уплотненных и тяжелых земель, тяжелую дисковую борону БМН-2,5, которая эффективно может применяться на землях заросших кустарником (рис.3). На стадии испытаний находится роторный плуг-рыхлитель РПР-2,4 для безотвальной обработки почвы и рыхления подпахотного горизонта на тяжелых переувлажненных землях.

Кроме этого созданы и рекомендованы в производство дреноукладчики ЭТЦ-2012 для зоны осушения и ДУ-4003 для зоны орошения.

И это только первый этап, предусматривающий восстановление и создание наиболее актуальных в настоящее время машин и техники, который рассчитан на ближайшие 5 лет. Второй этап - создание перспективной мелиоративной техники, призванной поднять технический уровень мелиоративных систем на международный уровень, и этот этап рассчитан до 2015 г.



Рисунок 3 - Тяжелая дисковая борона БМН-2,5

Во ВНИИГиМ упорно работают над реализацией первого этапа и готовы при соответствующей финансовой поддержке осуществлять второй этап, позволяющий обеспечивать технической поддержкой восстановление мелиорированных земель страны, поддержание систем в рабочем состоянии.

Литература

1. Кизяев Б.М., Мамаев З.М., Басс В.Н. Комплексная механизация мелиоративных работ. История. Перспективы. - Мелиорация и водное хозяйство. №5. 2004 г.

УДК 631.6 : 626.8

МЕХАНИЗАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ В ГУМИДНОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (ПРОШЛОЕ И БУДУЩЕЕ)

З.М Маммаев

ГНУ ВНИИГИ М, Москва, Россия

История строительства мелиоративных систем в гумидной зоне частично или полностью механизированным способом насчитывает примерно сто лет. С частичным применением механизированного труда выполнялись практически лишь земляные работы при рытье каналов, траншей, возведении дамб и т.д. с использованием механических лопат с приводом от паровых двигателей.

В 30-40-е годы двадцатого столетия с появлением сначала одноковшовых, а затем и многоковшовых экскаваторов, бульдозеров и скреперов с двигателями внутреннего сгорания область применения последних резко расширилась, благодаря чему появилась возможность увеличить номенклатуру строительных работ, выполняемых механизированным способом.

Конечно, несмотря на стремительно развивающийся научно-технический прогресс, в те годы уровень механизации, комплексной механизации и индустриализации строительного производства в мелиорации земель, объемы выполняемых работ, площади вводимых в эксплуатацию земель были очень не велики. Это объяснялось тем, что, с одной стороны, в стране в первую очередь решались проблемы индустриализации промышленного производства и восстановления народного хозяйства после войны при недостаточно развитой базе производства строительной техники (экскаваторы, бульдозеры, скреперы, грейдеры, краны, погрузчики и т.д.). С другой стороны, о достаточном производстве специальной мелиоративной техники, удовлетворяющей потребности сельского хозяйства, в то время и речи не было.

Первые специальные мелиоративные машины стали появляться в стране в 50-х годах. Во ВНИИГиМе, ЦНИИМСХе были созданы первые образцы плужных каналокопателей для рытья осушительных каналов, бороздоделателей, кустарниково-болотных плугов, многоковшовых экскаваторов, бестраншейных дренажников с пластмассовыми трубами, свертываемыми из полимерных полос, дренажно-щелевых машин, кротователей, камнеуборочных машин, планировщиков и выравнивателей земли. Для агрегатирования рабочих органов этих машин использовались отечественные тракторы ДТ-54, ДТ-55, С-80, С-100, МТЗ-50 и т.д.

Однако, наиболее сильный импульс мелиоративное машиностроение получило после Майского (1966 г.) Пленума ЦК КПСС, на котором было принято историческое постановление о широкой мелиорации земель в Советском Союзе. Постановлением было предусмотрено наряду с освоением земель в засушливой зоне освоение и осушение переувлажненных земель в гумидной зоне, развитие машиностроительной базы для мелиорации земель, создание широкой сети по всей стране ремонтных предприятий для техники и предприятий стройиндустрии. Одновременно Постановление обязывало ряд министерств и ведомств, в т.ч. Минстройдормаш, Минсельхозмаш, провести срочные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы с целью разработки, создания и постановки на серийное производство новой современной техники для строительства и эксплуатации мелиоративных систем.

На основании Постановления ЦК КПСС Минстройдормаш и Минводхоз СССР издали совместный приказ, в котором предусматривалось в течение пятилетки создать и поставить на производство ряд совершенно новых мелиоративных машин для гумидной зоны, внедрение которых позволяло поднять уровень механизации и комплексной механизации мелиоративных работ до 85...100%, повысить качество работ, улучшить условия труда механизаторов и вспомогательного персонала. В соответствии с совместным приказом Минстройдормаша и Минводхоза СССР в 1966-1970 гг. были созданы и запущены в серийное производство экскаваторы-каналокопатели ЭТР-201, ЭТР-301, ЭТР-122, КФН-1200, ЭТР-171, МК-17 и др., экскаваторы-дренажники для зоны осушения ЭТЦ-202, каналочистители Д-908, МР-10, косилки откосов МСР-1,2, ККД-1,5, Д-910, планировщики ПМ, П-2,8, П-4, Д-719, корчеватели Д-513, Д-695А, роторный корчеватель МГП-26 и много другой техники.

Новая техника создавалась в соответствии с Системой машин для комплексной механизации мелиоративных работ, которая разрабатывалась каждые 5 лет и утверждалась пятью министерствами. Она являлась научно-технической основой для разработки новых технологий и техники с учетом зональных почвенно-климатических особенностей.

В 1974 г. вышло Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по дальнейшему развитию сельского хозяйства в Нечерноземной зоне РСФСР». В течение последующих 10...15 лет проведены осушительные мероприятия вместе с культуртехникой на 9 млн. га переувлажненных земель, на 10 млн. га проведена сухая культуртехника, на 20 млн. га – известкование кислых почв. Параллельно с этим шло строительство жилья, производственных комплексов, предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции, построены сотни баз стройиндустрии, десятки километров новых дорог, линий электропередач, баз энергетики. После выхода Постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР по нечерноземной зоне РСФСР были еще более расширены и развернуты научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по ускоренному созданию передовой современной мелиоративной техники для условий НЦЗ РСФСР.

Для ускорения темпов производства строительных и мелиоративных работ были созданы новые высокомеханизированные и индустриальные технологии и комплексы машин, позволяющие выполнять работы с максимальным использованием зимнего периода года. В короткое время были созданы: комплекс траншеекопателей и дренаукладчиков в мерзлых грунтах ЭТЦ-165, ЭТЦ-208, ДГПУ-3М, ДГПУ-5М, ЩРК, ЭТЦ-206, рыхлители РК-1,2, РУ-65, 2,5, щеледренажные машины ТМТ-101, ТМТ-121 для нарезки щелевого дренажа в мерзлых грунтах. Внедрение этих машин и технологий позволило на их базе в конце 70-х и начале 80-х годов прошлого столетия расширить строительный сезон за счет зимнего времени и поднять долю СМР, выполняемых в зимнее время, до 35% против 15...17% раньше.

За 15 лет после выхода Постановления «О мерах по дальнейшему развитию сельского хозяйства Нечерноземной зоны РСФСР» в 1974 г. были созданы совершенные мелиоративные и прогрессивные технологии и системы машин для производства мелиоративных работ, высокопроизводительные комплексы по механизации всей номенклатуры производственных процессов для строительства, эксплуатации более совершенных мелиоративных систем, производства культуртехнических работ и работ по окультуриванию почв.

В период с 1974 по 1990 гг. разработаны и внедрены в производство следующие комплексы машин для мелиорации земель в гумидной зоне:

Для уборки камней. Технология и машины ПСК-1,0, УКП-0,7, ПСК-1,5 для уборки крупных и средних камней с поверхности мелиорируемых полей, ВПК-4,5, К-83 – для выборки мелких камней с поверхности почвы и их пахотного горизонта, машины для извлечения камней на поверхность К-85, МИК-2,5, РВК-2,0. Кажущаяся разномарочность техники объясняется региональными особенностями почвы и степенью засоренности камнями. Сбор крупных кам-

ней, их перемещение и погрузка в транспортные системы выполняются машиной СКН-3,2 и погрузчиком К-62,2.

Для строительства закрытого дренажа разработаны:

1. Технология строительства закрытого дренажа бестраншейным способом с применением дреноукладчиков МД-4 и МД-12 на специальном мелиоративном шасси. Выпущено около 80 штук бестраншейных дреноукладчиков МД-12 и уложено дренажа на площади около 22 тыс.га.

2. Технология строительства закрытого дренажа из керамических и пластмассовых труб с неткаными фильтрующими материалами и ПГС с применением универсального траншейного дреноукладчика ЭТЦ-2011 со сменным узкотраншейным рабочим органом. Выпущено около 600 штук дреноукладчиков.

3. Создан узкотраншейный дреноукладчик на колесном ходу на базе экскаватора ЭТЦ-165 преимущественно для фермерских и крестьянских хозяйств.

4. Технология осушения глубоких торфяников щелевыми дренами с применением щеледренажной машины ТМТ-101 на тракторе ДТ-75В. Щеледренажная машина ТМТ-101 выпущена в количестве 100 штук и применялась при осушении глубоких торфяников в Московской, Ленинградской, Архангельской, Тюменской областях, в Республике Коми и т.д.

5. Лазерные системы управления рабочими органами дреноукладчиков по заданному уклону УКЛ-1, СКЛ-1, САУЛ-1. Лазерными системами оснащались все бестраншейные МД-12 и частично траншейные дреноукладчики типа ЭТЦ. Выпущено ориентировочно около 600 таких систем.

6. Технология земляных, дренажных работ в круглогодичном режиме специальными комплексами машин, за что коллектив разработчиков получил Премию Совета Министров СССР в 1985 г.

Для строительства осушительных каналов были разработаны каналокопатели непрерывного действия ЭТР-125 и ЭТР-171 для открытия осушительных каналов глубиной до 1,2 м и 1,7 м.

Для производства культуртехнических работ были предложены и внедрены в производство в больших объемах:

- поточная технология удаления древесно-кустарниковой растительности при освоении земель под сельскохозяйственное использование с максимальным сохранением почвенного плодородия с применением комплексных корчевальных агрегатов К-15, МП-13, МП-18 и МП-19, кусторезов Д-514, МП-9;

- технология расчистки осваиваемых земель с применением роторного корчевателя МП-12. Выпущено около 100 роторных корчевателей МП-12, применение их позволяет сепарировать почву от корневой части кустарника и обеспечивать сохранение почвы на месте на 100% и способствует обработке и аэрации почвенного слоя;

- технология сбора и транспортировки выкорчеванной и срезанной ДКР с применением собирателей-погрузчиков СП-3,2 и МП-15 на тракторах Т-130Г-1 и ДТ-75М. Выпущено 100 штук собирателей-погрузчиков и они позволяют исключить перемещение почвы вместе с ДКР в валы и кучи, где почва сгорает;

- технология и комплекс машин для удаления ДКР при освоении закустаренных земель и ее утилизации. Комплекс включает: подборщик-измельчитель

МТП-82 для измельчения ДКР с диаметром стволов до 30 см на технологическую щепу (выпущено 3 машины); кусторез-измельчитель КИД-202, способный методом прямого «комбайнирования» мелкий кустарник измельчать в технологическую щепу; фрезерный кусторез КФ-2,8 на тракторе ДТ-75В для срезания мелкого и среднего кустарника и укладки его в валок при улучшении лугов и пастбищ; измельчитель кустарника ИК-1,8 на ДТ-75В для измельчения кустарника на лугах и пастбищах с мульчированием поверхности сельхозугодий отходами переработки. Кусторез КФ-2,8 и измельчитель ИК-1,8 унифицированы полностью по трансмиссии и трактору. Выпущено их по 5 штук, а комбайн КИД-202 прошел ведомственные испытания и рекомендован к производству. Разработано ТЭО, технический регламент и конструкторская документация на передвижную установку УБД-500 производства топливного брикета из переработанной на щепу «мелиоративной древесины» (ДКР). Установка имеет автономную энергетическую установку (дизель-генератор) и может работать непосредственно на объекте мелиорации. Топливный брикет может пользоваться большим спросом и служить экспортным товаром.

Для обработки почвы и планировки земель разработаны:

- технология первичной и эксплуатационной обработки мелиорируемых земель с применением тяжелых дисковых мелиоративных борон БДМ-2,5 и БМН-2,5 на тракторах кл.5, 10, дисковых плуг ПДМ-1,5 для обработки засоренных камнями почв. Выпущено более 1000 борон, обработано с их применением около 1 млн. га;

- роторный плуг-рыхлитель РПР-2,4 на трактор кл.5 (К-701) предназначен для обработки поверхностного слоя глубиной до 15 см ножевым катком и рыхления подпочвенного слоя до 40 см роторным рабочим органом с серповидными ножами, ширина до 2,4 м. Машина весьма перспективна на тяжелых переувлажненных грунтах, ее применение обеспечивает быстрый сброс поверхностных вод в подпочвенные слои;

- многоотвальные планировщики ПВ-3 и ПВ-5 прицепные к тракторам кл. 3, 4 предназначены для планировки и выравнивания поверхности осушаемых земель, преимущественно на торфяниках и других легких почвах. Выпущено 200 планировщиков и они широко использовались в Нечерноземной зоне. Длинно-базовые планировщики ДЗ-602, ДЗ-603, которые являются основными машинами для планировки земель в аридной и гумидной зонах, выпускались в массовом количестве;

- для улучшения мелиоративного состояния земель выполнено технико-экономическое и технологическое обоснование и технологический регламент применения рыхлителей с V-образным рабочим органом РГ-0,8, РГ-0,5, рыхлителей РС-0,8, РС-0,6, вибрационного рыхлителя РВ-0,8 и щелевателя-рыхлителя-кротователя ЩРК-0,6 на тракторах кл. 10, 5, 3, 1, 4. Все рыхлители выпускались серийно и опытными партиями. Всего выпущено более 800 рыхлителей, которые успешно применялись не только в Нечерноземной зоне, но и во многих регионах бывшего СССР. Применение вибрационного рыхлителя позволяет упростить технологию обработки почв, исключив вспашку и ограничиться лишь дискованием.

Для ремонтно-эксплуатационных работ создано семейство каналоочистительных машин МР-16 на тракторе кл. 1-, МР-15 на тракторе кл. 3, КМ-82 на колесном тракторе кл. 1, 4 со сменными рабочими органами для очистки каналов от наносов и травянистой растительности с удалением скошенной массы за пределы канала. Всего выпущено более 500 машин.

В последние годы (2001-2004 гг.) был восстановлен дренаукладчик траншейного типа для зоны осушения ЭТЦ-2012, оснащенный полностью российской комплектацией, ведутся работы над созданием универсальной каналоочистительной машины, разработаны ТЭО и технологическая документация на машину для удаления кустарника на осушительных системах и для промывки закустаренных дрен.

В 2003 г. разработаны и изданы отдельной книгой Федеральные регистры базовых и зональных технологий и технических средств для мелиоративных работ в сельскохозяйственном производстве России до 2010 г. Федеральные регистры являются научно-технической и методической основой создания новой и совершенствования существующей техники для мелиоративных работ на ближайшее десятилетие.

Реализация Постановлений Майского Пленума ЦК КПСС (1966 г.) по Нечерноземной зоне РСФСР (1974 г.) позволила создать мощную техническую и индустриальную базу в стране, и, в частности, почти во всех областях Нечерноземной зоны РСФСР укрепить базу с/х производства, повысить уровень комплексной механизации до 90...100%, производительность труда, резко повысить качество мелиоративных строительных работ, практически устранить ущерб, наносимый мелиоративными работами естественному плодородию почв.

Параллельно частично решались и проблемы экологии природных ландшафтов, предотвращая сброс загрязненных вод в водные источники. Созданы научно-технические и производственные предпосылки для утилизации отходов, возникающих при мелиорации закустаренных и закамененных земель путем переработки древесины на щепу, а камней – на строительный щебень.

Однако, несмотря на все это, предстоит исследовать еще много проблем. К ним могут быть отнесены проблемы укладки закрытого дренажа в тяжелых грунтах с обеспечением надежной работы дренажных линий. Предстоит создать заново комплекс технологического оборудования для укладки дренажа с фильтрующей обсыпкой с минимизацией повреждения почвенного слоя.

Есть необходимость и целесообразность завершения проблемы утилизации отходов (ДКР, камни, скошенная на каналах трава) путем создания техники мобильных измельчителей с механизированной и ручной подачей материала.

Настоятельно необходимо создать многооперационные машины для обработки почв, для перезалужения лугов и восстановления кормовых угодий, позволяющих обрабатывать почвенный слой, оструктурировать подпочвенные слои, в т.ч. с применением химмелиорантов.

Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию новых или реанимации старых машин на новой основе должны базироваться на следующих принципиальных положениях:

- машины должны в максимальной степени иметь шлейф активных рабочих органов, которые позволяют выполнять практически все мелиоративные работы с высоким качеством;

- при компоновке агрегатов необходимо в максимальной степени применять модульный принцип, что удешевляет ремонт и снижает стоимость работ и выходной продукции;

- в качестве энергетической базы следует применять колесные тракторы, а там, где возможно, применять только лишь отечественные тракторы Липецкого, Владимирского, Алтайского и Волгоградского заводов, т.к. мобильность позволяет снижать затраты по переброске машины с объекта на объект, повышать производительность техники за счет снижения времени на внутриобъектные переезды, создавать машины в 5...10 раз дешевле импортных и способствует загрузке упомянутых заводов;

- такие машины как каналоочистители, машины для улучшения лугов и пастбищ и т.д. должны иметь возможность агрегатироваться со шлейфом рабочих органов, способных выполнять весь комплекс данного вида работ с помощью сменных рабочих органов.

Отсутствие в производстве дренаукладчиков, каналоочистителей, рыхлителей, ряда культуртехнических машин для удаления кустарника, средних, мелких камней, уничтожения кочек, создают условия для повторного заболачивания, зарастания кустарником. Это способствует катастрофической деградации мелиорируемых земель, ускорению из выпадения из сельскохозяйственного использования.

Одним из путей выхода из сложившейся ситуации нам видится в разработке перечня первоочередных машин и оборудования, необходимых для выполнения работ по реанимации мелиорируемых земель в гумидной зоне, по разработке ТЭО по машинам, включенным в перечень для дальнейшей реализации. Далее было бы целесообразно под ТЭО разработать под эгидой МСХ РФ и РАСХН отраслевую программу воссоздания мелиоративной техники с объемами финансирования, сроками выполнения НИОКР на уровень 2015 г.

УДК 631.612: 631.311.75.

ТЕНДЕНЦИИ МЕХАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ УБОРКИ КАМНЕЙ С МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ГУМИДНОЙ ЗОНЫ

В.С. Пунинский

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Опыт мелиорации засоренных камнями земель показал, что нельзя добиться стабильного повышения плодородия почв только путем внесения удобрений, химмелиорантов, различного вида структурообразователей и применения отдельных видов регулирования водного баланса. Это стимулирует поиск новых технологических процессов механизации камнеуборочных работ и способов решения проблемы защиты природы.

Механизация работ на агроландшафтах в гумидной зоне, как правило, начинается с операций гидротехнической мелиорации.

Наиболее сложными и неразрешенными до конца являются проблемы строительства дренажа в каменистых грунтах и очистки почвы от средних и мелких камней.

В ходе осуществления указанных мероприятий работы приходится вести в почвогрунтах, содержащих камни и валуны различных размеров при неравномерном распределении каменистости по глубине и площади мелиорируемого угодья.

По статистическим данным было установлено, что камнями в Северо-Западной зоне РФ покрыто 42,8% всей пашни, в том числе полей: сильно засоренных камнями – 7,4%, средnezасоренных площадей - 15,7%, слабозасоренных – 19,7 [1]. В зависимости от рельефа мелиоративного фонда средняя каменистость достигает от 5 до 350 м³/га. В целом по России засорено камнями 12 млн. га сельскохозяйственных угодий.

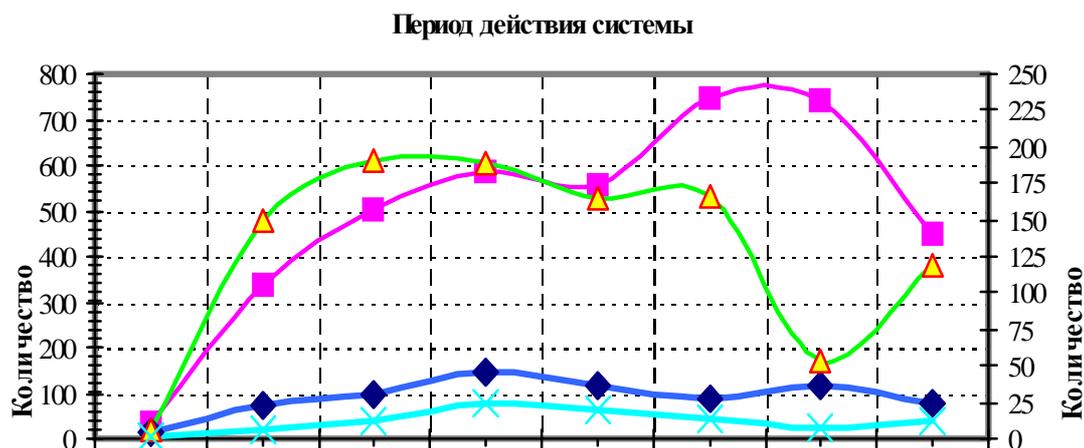
Влияние засоренности почв камнями на сельскохозяйственное производство не однозначно.

Засоренность почв камнями препятствует внедрению скоростных широкозахватных сельскохозяйственных, землеройных и культуртехнических машин. Динамические нагрузки на рабочие органы возрастают в 2,5...4,7 раза, что ведет к их износу и поломкам, простой техники составляют до 60% сменного времени. Увеличение тяговых сопротивлений и возникающие динамические нагрузки снижают производительность агрегатов на 10...39 %. Возникает необходимость оснащения почвообрабатывающих и уборочных машин предохранительными устройствами. Однако, чем быстроходнее машины, тем сложнее и дороже становятся защитные устройства, возрастает потребность в увеличении тяговых усилий. Повышенная масса машин и уплотнение подпочвенных слоёв приводит изменению уровня агротехники и степени окультуренности земель, снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

В 60-е годы в СССР произошел резкий скачок в накоплении научных знаний и производственного опыта в освоении каменистых земель. Для механизации камнеуборочных работ стали формироваться технологические комплексы машин в составе Системы машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства [2].

Под Системой технологий и машин (**СТиМ**) понимается совокупность различных машин и приспособлений, отражающая их жизненный цикл и взаимно увязанных в технологическом процессе по своим технико-экономическим, эксплуатационным показателям и обеспечивающих последовательность выполнения основных и дополнительных операций рабочих процессов.

Жизненный цикл продукции - это совокупность взаимосвязанных процессов создания и последовательного изменения состояния продукции от формирования исходных требований к ней до окончания её эксплуатации или потребления. Динамика создания машин для уборки камней представлена на рисунке 1.



| | | | | | | | | |
|------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Количество машин всего, шт. | 36,0 | 339,0 | 502,0 | 587,0 | 555,0 | 746,0 | 740,0 | 450,0 |
| Количество наименований машин для уборки камней, шт. | 4 | 23 | 30 | 45 | 37 | 28 | 36 | 25 |
| в том числе новых всего | 6 | 150 | 191 | 189 | 165,0 | 166 | 54,0 | 119,0 |
| в том числе новых для уборки камней | 2 | 6 | 12 | 24 | 20 | 13 | 7 | 12 |
| Год | 1955-1965 | 1966-1970 | 1971-1975 | 1976-1980 | 1981-1990 | 1986-1995 | 1996-2000 | 2001-2010 |

Рисунок 1 - Динамика развития Системы машин для механизации мелиоративных работ

Эти технологические комплексы машин объединяла технологическая последовательность выполнения операций, мероприятий, чем обеспечивалась системность работ и машин для их проведения. Первоначально Система машин включала 4 наименования машин для уборки крупных камней, в дальнейшем количество камнеуборочных машин увеличилось до 45 наименований.

Разработка камнеуборочных машин ведется в 20 промышленно развитых странах. Наиболее значительный прогресс в развитии камнеуборочной техники в России наблюдался с 1976 по 1985 г.

Удаление крупных и средних камней проводилось механизированными отрядами при освоении и мелиорации земель или строительстве мелиоративных систем, а эксплуатационную уборку мелких камней хозяйства преимущественно выполняли собственными силами.

Очень крупные, крупные камни и глыбы, валуны составляют в гумидной зоне небольшую часть от общего объема камней – до 10% . Однако именно они являются непреодолимым препятствием для работы сельскохозяйственных

машин. Наличие таких камней скрытых в почве препятствует проведению мелиоративных работ: сплошному рыхлению на глубину 0,6...1,2 м., укладке дренажа. В связи с этим в первую очередь были созданы машины для механизации уборки крупных камней: Д-513А, КУМС-100, К-1А, К-2А, (таб.1). Эти машины были циклического действия, обеспечивающие корчевание за счет тягового (толкающего) усилия трактора.

Таблица 1 -Техническая характеристика машин для уборки крупных камней

| Показатели | Корчеватели | Корчеватели-погрузчики | Корчеватели-погрузчики | Корчеватели-собиратели | | Корчеватели прицепные |
|--------------------------------------------------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------|-----------------------|
| | Д-513А (КУМС-100) | КБП-2 (ДП-8А) | Д-695А (МП-2В) | МП-19-3 | МП-18-6 СКН-3,2 | ККК-1 |
| Агрегатируется с трактором | Т-100МГС (Т-100МГП) | Т-74 ДТ-75Б | Т-100МБГП (Т-130МГП) | Т-170М1Б.01 | Т-170М.01 | МТЗ-82 |
| Ширина захвата, м | 1,38 | 1,7 | 2,1 | 2,5 | 1,5 | 0,7 |
| Эксплуатационная производительность, м ³ /ч | 8,0 | 6,0 | 8,0 | 3,0 | 2,7 | 3,5 |
| Масса навесного оборудования, т | 1,48 | 2,21 | 3,9 | 2,5 | 0,95 (2,96) | 1,2 |
| Год начала выпуска | 1961 | 1966 | 1966 | 1988 | 1988 | 1993 |

В дальнейшем разработаны корчеватели-погрузчики Д-695А, КПБ-2, ДП-8А, МП-2Б, МП-2В использующие подъемную силу рабочего органа.

В настоящее время для уборки крупных камней применяются корчеватели МП-18 и МП-19, которые нерационально используют мощность трактора.

К 1984 году парк машин для уборки крупных камней в России составил 4086 штук, в том числе в гумидной зоне 2235 штук.

Хозяйствам в восьмидесятые годы XX столетия поставлялись в достаточном количестве камнеуборочные машины УКП-0,6А для сбора с поверхности отдельных камней размером от 12 до 60 см. Парк машин для уборки средних камней в России составил 6710 штук.

В настоящее время ведется единичное производство камнеуборочных машин УКП-0,7А и корчевателя крупных камней ККК-1 (рис.2) по прямым договорам с хозяйствами.

Уборка средних камней осуществлялась камнеподборщиками:

-УСК-0,7А, выпускавшимся с 1967 года, имевшим производительность 1,5 м³/ч, ширину захвата 0,75 м, массу оборудования 0,17 т, навесную на трактор Т-25;

-УКП-0,6, прицепным к трактору МТЗ-52 с производительностью 3,0м³/ч, массой 2,5т, шириной захвата 1,5 м, выпускавшимся с 1964 г. и в 1987 г замененным машиной УКП-0,7А, прицепной к трактору МТЗ-82 с производительностью 4,2 м³/ч, шириной захвата 1,25 м и с навесным корчевателем (рис.3);

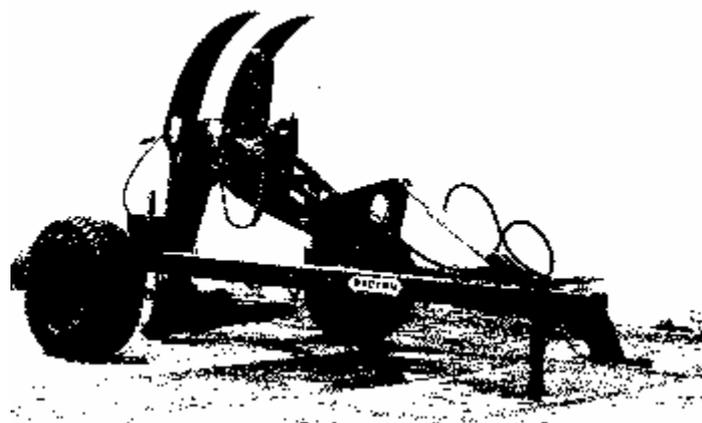


Рисунок 2 - Прицепной корчеватель крупных камней ККК-1 к трактору МТЗ-82

а



б



в



Рисунок 3 - Камнеуборочная машина УКП-0,7А:

а - прицепной подборщик, б – общий вид машины, в - корчеватель

-корчевателями-собирателями КУМС-100В с 1976 г (рис.4), замененными СКН-3,2 в 1980 г, производительностью 0,38 га/ч при сплошном прочесывании почвы на глубину 0,2 м, ширине захвата 3,24 м, массе оборудования 2,95 т., навесной на трактор класса 10.

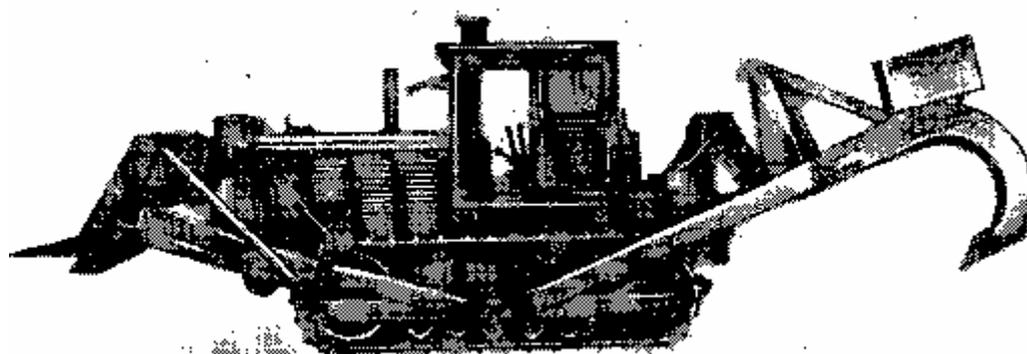


Рисунок 4 - Навесной корчеватель крупных камней типа КУМС- 100В

Для очистки пахотного слоя от мелких камней были созданы и рекомендованы на производство машины КУМ-1,2 в 1977 г, КДК-50 в 1977 г, МКП-1,5 в 1979 г.

В девяностые годы XX века наряду с машинами прямого комбайнирования было создано семейство одно-операционных машин для уборки мелких камней с поверхности почвы пахотных земель: подборщики ПВК-1,7, К-83, ВПК-4,5 и валкователи ВКР-4, ВКМ-3.

У ряда направлений механизированных работ применялись классификации камней по Н.А. Качинскому, А.П. Мершину, А.Н. Зеленину, В.В. Охотину, Ю.М. Миханкову, А.П. Петрову. По размерам среди камней А.П. Петров различал: камни-глыбы - больше 1 м в диаметре, крупные камни – от 0,6 до 1 м, средние – от 0,3 до 0,6 м, небольшие – от 0,1 до 0,3 м, мелкие – от 0,05 до 0,1 м, галька и щебень от 0,01 до 0,05 м.

Удаление крупных и средних камней в пятидесятые годы XX столетия проводилось частично механизировано. Камни со средним диаметром 0,2...0,6м убирались бригадой из 6 человек, с ручной их погрузкой на прицепленный к трактору лист. Уборку камней от 0,6 до 1,0 м производили волочением за трактором в цепном приспособлении. Развитие технических средств было направлено на механизацию уборки камней, масса которых не допускала ручные работы.

Последовательность операций по удалению камней и машины для их выполнения в зависимости от массы, размеров камней представлены в таблице 2.

Для извлечения и перемещения крупных камней:

- в валы агрегатом МП-18-6, МП-19-3 применяется радиальная схема;
- в гряды корчевателем-погрузчиком К-62.2 и корчевателем-собирателем СКН-3,2 - продольно-челночная.

Для извлечения и перемещения средних камней:

- на поверхность извлекателем МИК-2,5А, рыхлителем-камневычесывателем РВК-2-двухзагонная, агрегатом МП-18-1 с корчевальной бороной – челочно-диагональная;
- за пределы поля подборщиками ПСК-1, ПСК-1,5 с лыжей ЛС-4А, ЛС-8, прицепом 2ПТО-8 - спиральная.

Для извлечения и перемещения мелких камней на поверхность извлекателем ВРК-4, рыхлителем-камневычесывателем РВК-3А – загонная.

С 1981 по 2000 год периодичность **СТиМ** возросла до 10 лет, а с 2001 года формируется как самостоятельный документ, с отражением в федеральных регистрах технических средств состояния с разработкой и производством машин на момент формирования **СТиМ**, через 5 и 10 лет.

Система технологий и машин, учитывая все разнообразие в потребностях и возможностях сельских производителей при мелиорации земель, предлагает им набор технических средств и технологических приемов с учетом природно-климатических и производственно-экономических условий.

Способы уборки камней соответствующие их характеристикам и направлению последующей утилизации подразделяются на три группы. По размерам камней они относятся к способам для уборки крупных, средних и мелких камней.

Таблица 2 - Технологические операции и технические средства для уборки камней

| Размер и масса камня | Операции (наименование машин) | Марки машин | Затраты труда, чел.-ч/м ³ | Примечание |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Глыбы Диаметр более 2 м: Масса более 10 т, 9...10 т, 8...9 т. | Закапывание в котлован (экскаватор, корчеватель) | ЭО-2621А, ЭО-4121; МП-2Б, МП-18-3 | 0,04...0,1 | |
| | Сталкивание на дно балки, оврага (Корчеватель, Бульдозер и металлический лист) | МП-2Б, МП-19; ДЗ-110ХЛ, ДЗ-117 | 0,2...0,3 | |
| | Погрузка и транспортировка к местам временного складирования (Корчеватель-погрузчик, корчеватель, кран, лыжа, прицеп) | МП-18-1; КС-4561, КС-3562А; ЛС-8; 2-ПТО-12 | 0,66 | |
| Валуны Диаметр более 1,5 м: Масса более 3,5 т. | Раскалывание: Взрывным способом; Электрогидравлическим эффектом; (Установка с перфоратором) Механическим способом (Гидромолот) | - К-32, К-52 с ПР-201; СП-71 к ЭО-3322Б, СП-62 к ЭО-4121 | 0,99 0,33...0,375 0,06 0,13 | Взрывы производят накладными или кумулятивными зарядами ВВ |
| Глыбы Диаметр 1...2 м: Масса 3...9т | Корчевание полускрытых и сбор поверхностных камней (корчеватель) Погрузка (корчеватель-собирающий, погрузчик, кран). Поштучное удаление к местам складирования (корчеватель, корчеватель-собирающий, самосвальная лыжа, прицеп) | МП-2Б, МП-18 К-62,2, ТО-18А КС-3562А КС-5473А | 0,2...0,22 | |
| | | МП-18 | 0,05...0,31 | |
| | | ЛС-8 2-ПТО-12 | 0,21...0,30 0,05 | |
| Крупные и средние камни Диаметр 0,3...1,2 м: Масса до 3т | Извлечение камня из слоя почвы до 40 см (рыхлитель, корчеватель, корчевальная борона, плоскорез, извлекатель) Сбор с поверхности камней с транспортировкой к местам временного складирования (камнеуборочная машина) | К-1, МИК-2,5, | 2,48...5 чел.-ч/га | |
| | | К-85, РВК-2, ККК-1, МП-18-1, СКН-3,2, ПСК-1, ПСК-1,5, | 6,6 чел.-ч/га | |
| | | К-62.2, УКП-0,7А, | 0,26...0,47 2,85 чел.-ч/га | |
| Мелкие камни Диаметр 0,3...0,05 м: Масса до 0,04 т | Предварительная обработка почвы (извлекатель) Сбор камнеуборочными машинами: Циклического действия с ручной погрузкой в прицеп камней размером менее 0,1 м. Непрерывного действия Погрузка и вывозка камней на временный склад, загрузка камней в габионы (Экскаватор с решетчатым ковшом, погрузчик, прицеп) | ВРК-4, | 1,31...4,5 чел.-ч/га | Применяется совмещение первичной обработки почвы с её рыхлением для сепарации |
| | | УКП-0,7А, (2ПТС-4, ОЗТП-8572) | 0,76...2,5 чел.-ч/га | |
| | | МКП-1,5А, ВПК-4,5, ПВК-1,7, КПЛ-1, КУМ-1,2, КМК-2 ЭО-2626, ТО-10 с виброковшом К-62.1; (2ПТС-4, ОЗТП-8572, ОЗТП-8573) | 9,52...13,3 чел.-ч/га | |
| | | | 1,28...6,67 чел.-ч/га | |

По глубине очистки корнеобитаемого слоя от крупных и средних камней, глубине борозд для укладки мелких камней машинами СКК-1500, СУ-1,4, «Grimme» SM1600 (рис.5) и дальности перемещения камней нет единого мнения у отечественных и зарубежных ученых.

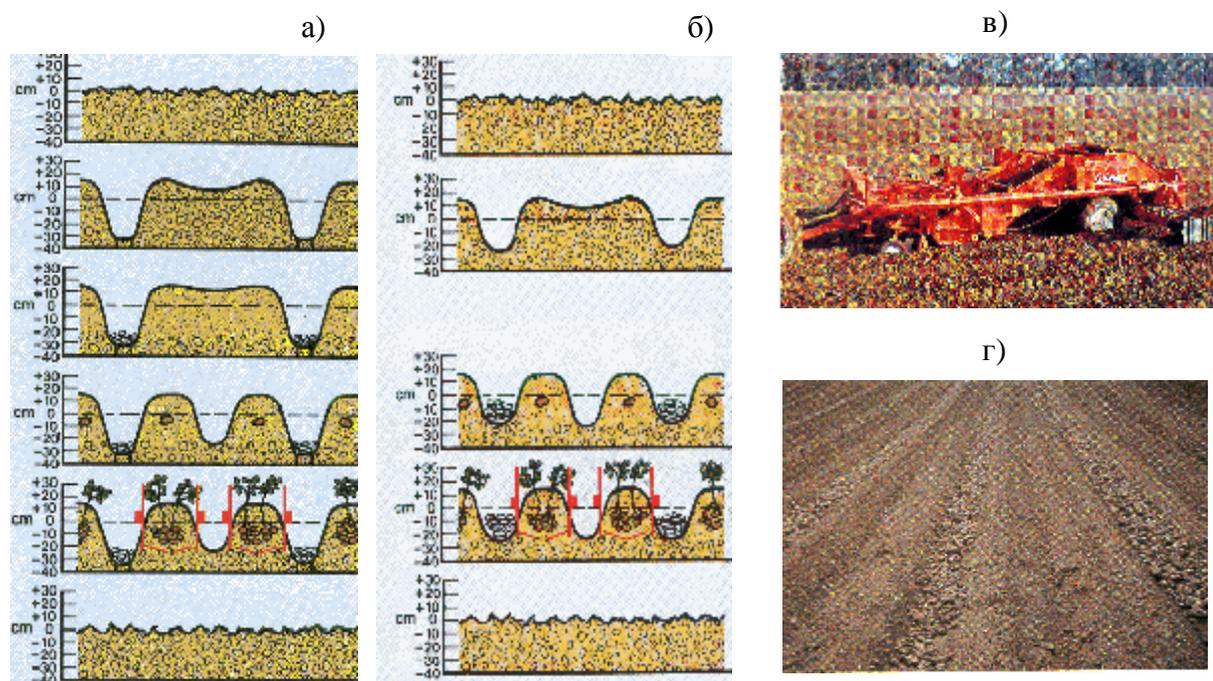


Рис.5. Схемы борозд:

а – глубина 0,35 м, б – глубина 0,2 м, в – машина «Grimme» SM1600 на очистке гряд с укладкой камней в борозду, г – борозды с камнями

Глубина борозд для укладки мелких камней зависит от количества камней и равномерности их распределения по площади участка.

Соотношением объёма фракций мелких камней диктуется выбор технологии с учетом ограничений по глубине их уборки.

Рациональное формирование парка камнеуборочных машин является решающим условием его полноценного использования.

Исходные требования для формирования парка этих машин базируются на ограничениях глубины выборки камней.

В технологиях уборки скрытых камней глубина их выборки определяется в зависимости от поставленных задач: - устранения препятствия (средними и крупными) проведению глубокого рыхления до 0,7 м или укладки дренажных и коллекторных труб до 2,0 м; сокращения количества мелких камней в убранных корнеплодах (картофеле) и попадания камней в механизмы косилок и зерноуборочных комбайнов [3].

Схемы расчета ограничений глубины выборки камней изображены на рисунке 6.

В процессе посадки картофеля и ухода за всходами изменяется профиль и уровень поверхности почвы. К моменту уборки корнеплодов глубина их залегания приблизительно составляет 2/3 необходимой глубины подкапывания относительно окончательного уровня поверхности почвы.

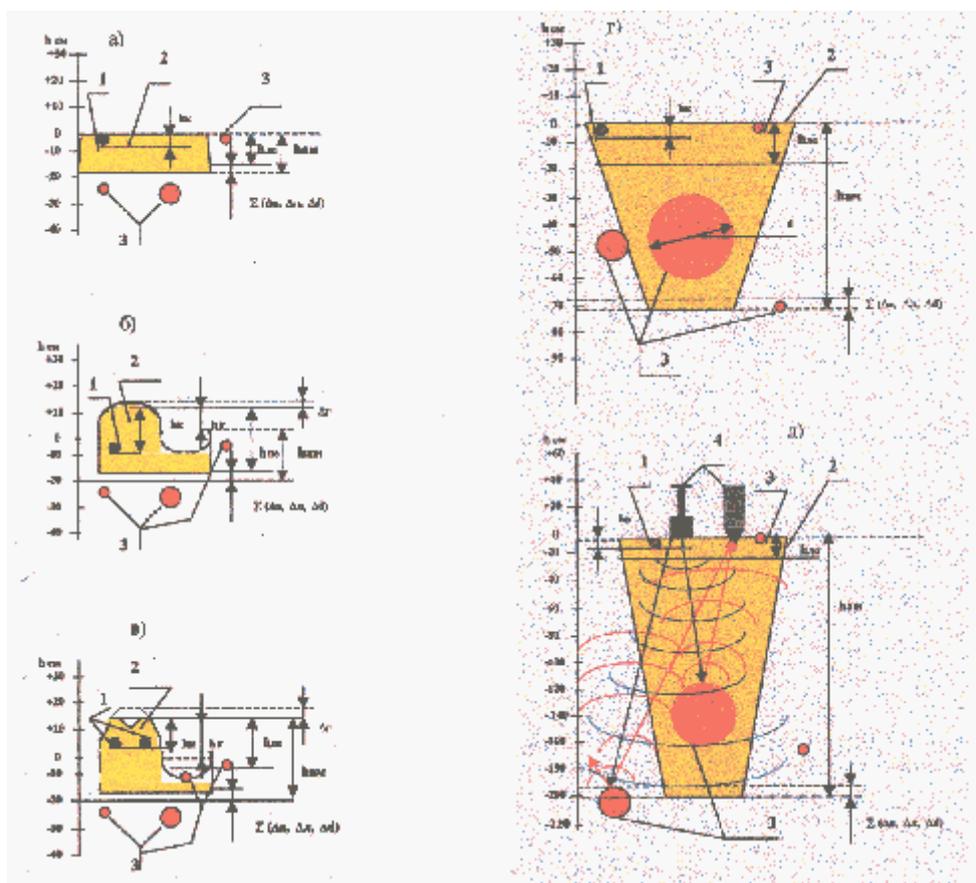


Рисунок 6 - Схемы расчета глубины выборки камней :
мелких а) – при гладкой посадке корнеплодов и севе зерновых; б) – при гребневой посадке корнеплодов; в) – при грядовой посадке с нарезкой борозды по центру гряды; *средних и крупных* г) – при полосовом извлечении на поверхность почвы; д) – при адресном извлечении с предварительной эхолокационной диагностикой их характеристик; 1 – нижний корнеплод, 2 – сечение очищаемой почвы, 3 – камень, 4 - эхолокационное устройство

С учетом глубины залегания корнеплодов и характера движения ножа комбайна определяем необходимую глубину извлечения корнеплодов по формуле:

$$h_{лс} = h_{к} + \Delta_{к} + \Delta_{лс}, \quad (1)$$

где $h_{лс}$ – глубина хода лемеха извлекателя корнеплодов; $h_{к}$ - глубина залегания корнеплодов; $\Delta_{к}$, $\Delta_{лс}$ – отклонение соответственно глубины залегания нижнего корнеплода и глубины хода лемеха.

Глубину хода ножа глубоко рыхлителя и дренаукладчика определяем согласно выражению:

$$h_{лм} = h_{р} + h_{нр} + \Delta_{д} + \Delta_{лм}, \quad (2)$$

где $h_{лм}$ – глубина хода ножа рыхлителя, дренаукладчика; $h_{р}$ - глубина перекрытия разрыхленной почвы между смежными ножами и проходами; $h_{нр}$ - высота от ножа рыхлителя до глубины перекрытия; $\Delta_{д}$, $\Delta_{лм}$, – отклонение со-

ответственно глубины перекрытия разрыхленной почвы или дренажной трубы и глубины хода ножа рыхлителя, дренаукладчика.

Глубину выбора камней по схемам (рис.6) определяем согласно выражению:

$$h_{ам} = h_a + 0,5d + \Delta_d + \Delta_{ам}, \quad (3)$$

где $h_{ам}$ – глубина выбора камней; h_a – необходимый чистый от камней слой почвы;

d – диаметр камня; Δ_d – отклонение диаметра камня; $\Delta_{ам}$ – отклонение глубины хода ножа камнеуборочной машины.

Необходимый при гладкой посадке корнеплодов и севе зерновых (рис. 1 а) слой земли без камней может соответствовать глубине подковки корнеплодов или пахоты по стерне зерновых и технических культур, т.е. $h_a = h_{лс}$. Поскольку при схемах (рис. 1 б, в) глубина залегания корнеплодов изменяется, меняется и глубина подлежащего очистки от камней слоя.

Необходимый чистый от мелких камней слой при схемах (рис. 1 б, в) определяем согласно выражению:

$$h_a = h_{лс} - (h_r + \Delta_r), \quad (4)$$

где $h_{лс}$ – глубина хода лемеха извлекателя корнеплодов; h_r – высота гребня или гряды; Δ_r – отклонение высоты гребня и гряды.

Поставив значения h_a и $h_{лс}$ в формулу (3), получим полное выражение для определения необходимой глубины выбора мелких камней при грядовой и гребневой посадке корнеплодов:

$$h_{ам} = h_k + \Delta_k + \Delta_{лс} - (h_r + \Delta_r) + 0,5d + \Delta_d + \Delta_{ам}, \quad (5)$$

Заменив значения $h_{лс}$ на $h_{лм}$ и $h_a = h_{лм}$ получим полное выражение для определения необходимой глубины выбора камней перед глубоким рыхлением и укладкой дренажных труб:

$$h_{ам} = h_p + h_{нр} + \Delta_d + \Delta_{лм} + 0,5d + \Delta_d + \Delta_{ам}, \quad (6)$$

Расчёты выполненные по формулам 1...6 дают область допустимых значений глубины выбора камней. С этими значениями требуется сопоставить глубины выборки камней h , которые возможно достигнуть планируемыми к применению камнеуборочными машинами. Глубины выборки камней $h_{ам}$ должны быть меньше или равны фактической глубине выборки применяемой машины.

Для определения параметров создаваемой камнеуборочной машины теоретический расчет глубины выбора камней возможен исходя из баланса мощности мобильного энергетического средства (МЭС) и мощности потребляемой на выборку камней.

Исходя из формулы баланса мощности, определяем глубину выборки камней h по выражению:

$$h = \sqrt[1,35]{\frac{10^3 N_{\text{дв}} \cdot \eta - g \cdot v_k (G_{\text{т}} \cdot f_{\text{пер.т}} + G_{\text{ка}} \cdot f_{\text{пер.м}}) - \rho_{\text{кам}} \cdot v_{\text{тр}} \cdot g \cdot L \cdot B \cdot P_{\text{м}} \cdot 10^{-4}}{1,05 \cdot 10^3 \cdot C \cdot (1 + 2,6L_{\text{н}}) \cdot (1 + 0,1s) v_k}},$$

где h – глубина, м; $N_{\text{дв}}$ – мощность двигателя МЭС; η – коэффициент использования мощности двигателя, в долях единицы, $\eta = 0,85 \dots 0,98$; $G_{\text{т}}$ – масса МЭС, кг; $f_{\text{пер}}$ – коэффициент, учитывающий сопротивление движению (перекачиванию) МЭС, в долях единицы, $f_{\text{пер}} = 0,15 \dots 0,5$; $G_{\text{ка}}$ – масса камнеуборочного агрегата, кг; $f_{\text{пер}}$ – коэффициент, учитывающий сопротивление движению (перекачиванию) камнеуборочного агрегата, в долях единицы, $f_{\text{пер}} = 0,15 \dots 0,2$; v_k – поступательная скорость машины и МЭС, м/с.; v_k – поступательная скорость, при которой реализуется сила тяги МЭС, м/с; g – ускорение свободного падения, $9,81 \text{ м/с}^2$; $\rho_{\text{кам}}$ – плотность камней, кг/м^3 ; d – средний диаметр камня, м; $v_{\text{тр}}$ – поступательная скорость верхней ветви транспортера и камня, м/с; L – суммарная длина верхних ветвей транспортеров от лемеха до точки выгрузки мелких камней или длина траектории средних и крупных камней от ножа до высоты их погрузки; $P_{\text{м}}$ – засоренность очищаемого слоя почвы камнями, ограниченная пропускной способностью извлекающих и сепарирующих узлов машины; 10^{-4} – коэффициент перевода га в м^2 ; 10^3 – коэффициент перевода кВт в Вт; s – толщина ножа чизеля, м; $L_{\text{н}}$ – периметр лемешного ножа, м; C – число ударов динамического плотномера.

Решение этой задачи обеспечивает совершенствование технологий уборки камней с минимизацией выноса на камнях почвы с полей, повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

Таким образом, уровень механизации процессов уборки камней с мелиорируемых земель гумидной зоны поэтапно повышается. При этом имеется положительный опыт уборки поверхностно расположенных камней. Предстоит разработать процессы диагностики скрытых камней для их адресной выборки и утилизации в пределах мелиорируемого сельскохозяйственного угодья.

Литература

1. Преображенский К.И., Ленский Д.П. Сельскохозяйственное освоение каменистых земель в Нечерноземной зоне РСФСР. Б – чка мелиоратора. – М. Россельхозиздат, 1987, с. 6. 52.
2. Пунинский В.С. Система технологий и машин для комплексной механизации мелиоративных работ в сельскохозяйственном производстве России. В кн. М47. Мелиоративная энциклопедия. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – Т.3, с.173, 174.
3. Пунинский В.С. Особенности освоения дренируемых земель со скрытыми камнями. Мелиорация и окружающая среда: В юбилейном сборнике научных трудов ВНИИГиМ. Том II. – М.: ВНИИА, 2004, с. 219...225.

УДК 658

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Н.С. Быстрицкая

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

В практической водохозяйственной деятельности явно ощущается незавершенность системы законодательства в регулировании водных отношений, некоторая нечеткость и зачастую даже противоречивость формулировок в принятых законодательных актах. В части экономики, несмотря на принятые законодательные акты о платном водопользовании, основным источником финансирования остается федеральный бюджет, дефицитность которого не позволяет обеспечить надлежащую финансовую основу водохозяйственной деятельности.

Проблема инвестиций в новое водохозяйственное строительство является еще более сложной, чем финансирование эксплуатационной деятельности. Длительность строительного цикла в водном хозяйстве в сочетании с инфляцией и отсутствием государственных гарантий не позволяет рассчитывать на привлечение не только средств частных инвесторов, но и собственных средств водопользователей. Это делает государственную поддержку необходимым условием оживления инвестиций в водное хозяйство.

Сокращение бюджетного финансирования наряду с возрастающей потребностью в средствах актуализирует необходимость поиска источников финансирования и в первую очередь, необходимость углубления экономических отношений в водном хозяйстве. Это в свою очередь обуславливает развитие новых форм организации водохозяйственной деятельности, создание производственных водохозяйственных организаций, наделенных основными производственными фондами и основными средствами, к которым относятся и вода, и земля. Водохозяйственная деятельность (производственная и оказание услуг) должна осуществляться непосредственно за счет заинтересованных субъектов, использующих водные ресурсы с целью удовлетворения своих потребностей или получения прибыли.

В поиске оптимального решения проблемы управления водохозяйственным комплексом страны требуется учитывать особые свойства природных водных ресурсов как необходимого условия жизни человека и производственного ресурса многоцелевого назначения. Учет этих свойств необходим при решении всех вопросов их хозяйственного использования, в том числе в процессах управления, так как в противном случае происходит подрыв базы экономического и социального развития общества.

Объективный с государственных позиций учет потребительских свойств водных ресурсов, ранжирование их многоцелевого использования возможны лишь на основе внеотраслевых подходов, исключая преобладание интере-

сов того или иного потребителя. Однако это очевидное положение постоянно приносилось в жертву текущим выгодам той или иной отрасли - “владельца” водохозяйственных сооружений, создающего условия для использования водных ресурсов. Возникшие вследствие этого диспропорции в развитии отраслей-водопользователей, неустойчивость их экономической эффективности носили долговременный характер и отрицательно влияли на эффективность всего общественного производства.

Территориальное и межотраслевое распределение водных ресурсов с обеспечением максимального экономического эффекта должно осуществляться лишь органами государственного управления водным фондом, задачей которых будет являться не только использование водных ресурсов, но и сохранение качества воды водных объектов и удовлетворение потребностей экономики и населения в воде.

Указанные цели могут быть достигнуты путем решения ряда задач:

1. Организационно-правового преобразования водного хозяйства в формы, наиболее адекватные рыночным условиям

Необходимым условием является проведение ряда институциональных и организационных преобразований в системе водопользования, как-то:

- образование на бассейновом уровне государственных унитарных водохозяйственных эксплуатационных предприятий, наделенных правом оперативного управления находящимися в государственной собственности водными объектами и гидротехническими сооружениями;
- создание и функционирование бассейновых ассоциаций, включающих в свой состав водохозяйственные эксплуатационные предприятия и водопользователей, расположенных на данной территории;
- создание четкой системы разделения функций между хозяйствующими субъектами при формировании заказов на продукцию (работы и услуги) водного хозяйства.
- формирование товарных отношений между сельскохозяйственными и водохозяйственными предприятиями, основанных на балансе экономических интересов субъектов.

По организационно-правовой форме водохозяйственные организации могут быть государственными предприятиями, образуемыми на праве оперативного управления и принципах производственной и экономической самостоятельности. В круг их задач должно входить оказание на платной основе основных видов услуг, направленных на создание надлежащих условий для водоснабжения населения и народного хозяйства, охраны вод и предотвращения их вредного воздействия.

Теория и практика организации водохозяйственной деятельности свидетельствует о том, что наиболее предпочтительной является схема, в соответствии с которой плата за воду вносится водопользователями в виде взносов на проведение водохозяйственных и водоохраных работ и содержание осуществляющей их водохозяйственной организации.

Мелиоративная водохозяйственная деятельность менее всего подготовлена экономически к современным условиям хозяйствования. До последнего времени все водохозяйственные системы были собственностью государства. В результате приватизации инженерно оборудованные орошаемые и осушаемые земли в большинстве регионов переданы в собственность хозяйств. Обслуживающие хозяйства межхозяйственные и магистральные каналы, водозаборы и др. отнесены к собственности государства. В новых условиях развитие экономических структур допустимо в рамках различных форм собственности (государственной, акционерной) на межхозяйственную сеть, которые обеспечивали бы ее нормальное функционирование.

Оценка эффективности функционирования систем водопользования в АПК практически реализуема для тех из них, которые осуществляют производственную деятельность на возмездной основе и имеют финансовые результаты. Мелиоративные водохозяйственные системы, осуществляющие транспортировку воды сельскохозяйственным пользователям и являющиеся по сути производственными предприятиями, не имели и не имеют собственных источников финансирования. Результаты их хозяйственной деятельности определяются сметой бюджетного финансирования, а эффективность производственной деятельности оценивается косвенно, по результатам сельскохозяйственного производства.

Сохранение полностью бюджетного финансирования в современных условиях в сфере водообеспечения может носить лишь временный характер, что вкупе с его недостаточностью обуславливает поиск источников и способов финансирования водно-мелиоративной деятельности. Экономической базой этого финансирования может и должна быть плата за водопользование. Плата за водопользование является и необходимым условием проведения экономической оценки эффективности водохозяйственных систем в современных условиях, поскольку обеспечивает экономическую самостоятельность систем, получение доходов от основной производственной деятельности, возможность сопоставления доходов с затратами.

Плата за водопользование основывается на возмещении издержек водохозяйственных эксплуатационных организаций с учетом специфики водохозяйственного и сельскохозяйственного производства, экологических и социальных факторов. Тарифы на услуги по подаче воды управлениями оросительных систем разрабатываются исходя из затрат на:

- эксплуатацию систем водопользования, выполняющих функцию подачи воды в точки выдела хозяйствам и отводящих дренажные и сбросные воды и находящиеся на балансе управлений оросительных систем;

- капитальное строительство и реконструкцию объектов по подаче воды, охране водных ресурсов и защите от вредного воздействия вод на ближайшую перспективу, увеличивающих стоимость существующих межхозяйственных фондов;

- накопления на расширенное воспроизводство.

Суммарная плата за услуги по подаче воды в точки выдела складывается из: платы за подачу воды на орошение и обводнение с учетом скидок и надба-

вок; платы за проведение работ по обслуживанию орошаемых и обводняемых земель во вневегетационный период, платы за подачу воды на другие производственные нужды.

Способ дифференциации тарифов за использование воды из поверхностных водных объектов заключается в добавлении или убавлении к установленному тарифу соответствующих доплат или изъятий. Лимитирующим обстоятельством при установлении дифференцированных тарифов (сборов) за использование поверхностных водных ресурсов является главное и строгое условие процедуры дифференциации, установленное «Законом о плате» – неизменность общей суммы сбора средств по установленному нормативу платы за воду по району (бассейну) в целом.

В настоящее время, как известно, загрязнение водных ресурсов достигло значительных масштабов и по диапазону, и по объему, что может отрицательно влиять не только на урожай и состояние почв, но и на здоровье населения. С другой стороны, две организации, отвечающие за подачу воды (кстати, относящиеся к различным ведомствам), в настоящее время влиять на качество воды хозяйственными мерами не могут.

В сложившихся условиях может быть предложен следующий способ учета качества воды при ее использовании. Установленные Законом о плате ставки служат для оплаты воды по худшей категории качества. Тариф для каждой следующей категории увеличивается числовым коэффициентом. Дополнительно взимаемые платежи аккумулируются в соответствующем фонде и направляются на мероприятия по улучшению качественного состояния вод.

2. Создание финансово-кредитного механизма регулирования водохозяйственной деятельности, учитывающего отраслевою специфику

В современных условиях водохозяйственные объекты находятся в ведении различных ведомств и предприятий. Это создает большие трудности при решении вопросов водообеспечения, защиты от наводнений, селей, разрушения водных объектов, охраны источников воды от загрязнения и истощения. Каждый “хозяин” водохозяйственного объекта стремится удовлетворить в первую очередь собственные нужды, что, естественно, ведет к ухудшению условий водообеспечения других водопользователей и состояния водного объекта. В последние годы процессы, связанные с вредным воздействием вод: паводки, наводнения, подтопление и затопление ценных земель, населенных пунктов и объектов экономики, размыв и разрушение берегов рек, водохранилищ, морей, резко активизировались. Борьба с ними носит чрезвычайный, постфактумный характер.

Исключить полностью участие государства в правовом и экономическом регулировании процесса водопользования и водообеспечения нельзя. Это связано с многоплановостью использования водных ресурсов и жизнеобеспечивающей их значимостью, а также монопольным характером производственной водохозяйственной деятельности. Регулирующая функция государства обеспечивается как прямыми, так и косвенными методами. Степень участия государства в содержании систем водопользования должна определяться реальными

возможностями сельскохозяйственных водопользователей по оплате услуг по подаче воды.

Государственная поддержка и регулирование хозяйственной деятельности может осуществляться в форме прямых и косвенных методов. К прямым методам, как правило, относят бюджетное финансирование производственной и непроизводственной инфраструктуры, антимонопольные регулирования и т.п., к косвенным - бюджетно-налоговые и кредитно-денежные методы регулирования. Практика использования прямых и косвенных методов регулирования позволяет утверждать, что в рыночной экономике периоде они должны применяться в тесном взаимодействии.

Бюджетное финансирование, дотации, субвенции выделяются, в основном, на инвестирование крупных водохозяйственных мероприятий, целевых мероприятий межреспубликанского, межрегионального масштабов. Финансирование должно осуществляться в форме целевых программ и проектов, с выделением приоритетных направлений.

Бюджетным финансированием должна обеспечиваться также инфраструктурная деятельность водохозяйственных предприятий – предотвращение паводков, подтоплений и пр.

3. Придание решающей роли экологическим критериям при оценке эффективности и принятии организационно-технических решений при проектировании, строительстве и эксплуатации гидромелиоративных систем

Различают следующие показатели эффективности:

-показатели коммерческой эффективности, учитывающие финансовые результаты;

-показатели бюджетной эффективности, отражающие финансовые последствия осуществления деятельности для федерального, регионального или местного бюджета;

-показатели совокупной экономической эффективности, учитывающие как затраты и результаты, непосредственно связанные с осуществлением деятельности, так и выходящие за пределы прямых финансовых интересов участников процесса водопользования, отражающие его социальную значимость, учитывающие требования обеспечения экологической безопасности функционирования водохозяйственной системы и допускающие стоимостные измерения.

Коммерческая оценка может считаться положительной, если деятельность обеспечивает достижение двух главных целей: получение приемлемой прибыли на затраченные средства и поддержание устойчивого финансового состояния. Основным результатом производственной (операционной) деятельности является получение прибыли на вложенные средства. Соответственно в денежных потоках при этом учитываются все виды доходов и расходов, связанные с производством продукции (услуг), и налоги, уплачиваемые с указанных доходов. Объемы производства указываются в натуральном и стоимостном выражении.

В процессе осуществления деятельности систем производится оценка ее социальных и экологических последствий, а также затрат, связанных с социальными мероприятиями и охраной окружающей среды. Для стоимостной оценки сопутствующих результатов могут быть применены различные методы: метод прямого счета, метод косвенной оценки сопутствующих результатов, метод определения предотвращенного ущерба, нормативный метод, позволяющий произвести самостоятельную оценку сопутствующих результатов на основании системы экономических нормативов, устанавливаемых централизованно или на региональном уровне.

Совокупная эффективность функционирования систем водопользования определяется как для деятельности, влияющей на природу, окружающую среду и меняющую условия жизни людей. При этом учитываются положительные экономические, экологические и социальные эффекты, а также ущербы (потери воды и земли, ухудшение качества важнейших компонентов окружающей среды, в первую очередь, земли и воды, сельскохозяйственной продукции и т.п.). Для получения такой совокупной оценки суммарный эффект в денежном выражении сопоставляется с совокупными затратами по осуществлению деятельности с учетом всех природоохранных мер и решения социальных проблем.

В настоящее время наука не располагает достоверными научными сведениями и эмпирическими данными для оценки всех возможных нарушений окружающей среды и отрицательных воздействий водохозяйственной и мелиоративной деятельности. Расчеты потерь и ущерба, их стоимостная оценка зависят от особенностей тех отраслей народного хозяйства и сфер человеческой деятельности, свойств тех конкретных природно-экономических территорий, на которые распространяется влияние водохозяйственных объектов. Они зависят также от действующей там системы цен, экономических оценок природных ресурсов, полноты анализа зависимостей и количественного их определения и т.д. Однако даже неполный учет потерь и ущерба, приблизительная их оценка, уровень достоверности которой по мере углубления исследований в этом направлении будет повышаться, позволяет более обоснованно принимать решения относительно эффективности гидромелиоративных и водохозяйственных объектов.

Для учета влияния мелиоративных мероприятий на экологию определяется конкретный набор экологических показателей, на которые оказывает непосредственное влияние мелиорация. Экологические стандарты и нормативы устанавливаются в соответствии с составом нормативов, утвержденных государственными организациями. Эти нормативы выступают в форме ограничений на деятельность систем водопользования.

Для реализации указанного экономического механизма, включающего и организационно-структурную перестройку, необходимо совершенствование правовой базы водохозяйственной деятельности. Очевидно, что в каждом из направлений должны рассматриваться организационно-правовые преобразования, осуществляемые на различных уровнях: предприятия - регион - отрасль в целом.

Введение предлагаемого экономического механизма является сложной проблемой, затрагивающей интересы государства как собственника водного фонда, эксплуатационных водохозяйственных предприятий, водопользователей. Осуществление его окажет влияние на систему ценообразования на услуги эксплуатационных водохозяйственных предприятий по содержанию и эксплуатации водных объектов и гидротехнических сооружений и существенно усилит экономическое стимулирование рационального использования водных объектов и их охрану от загрязнения и истощения.

УДК 626.923.2

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГТС

М. Б. Дуэль

ОАО «Севкавгипроводхоз», Пятигорск, Россия;

И. Ф. Юрченко

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

В последнее время в сфере мелиорации наметились положительные изменения в подходах к решению задач обеспечения надежности и безопасности гидротехнических сооружений, находящихся в ведении Департамента мелиорации земель и технического обеспечения Минсельхоза РФ.

В соответствии с поручением Комиссии Правительства Российской Федерации по вопросам агропромышленного и рыбохозяйственного комплекса от 06.07.2005г (протокол заседания комиссии №7) ОАО «СЕВКАВГИПРОВОДХОЗ» совместно с ВНИИГиМ выполнил по заданию Депмелиотехобеспечения разработку Программы по обеспечению безопасности гидротехнических сооружений федеральной формы собственности на территории Южного Федерального округа (далее по тексту Программы).

В процессе разработки Программы:

- сформирована система показателей и критериев для оценки технического состояния и уровня безопасности ГТС, определения очередности выполнения планово предупредительных мероприятий и потребности в ассигнованиях для их реализации;

- определено наличие проектно сметной документации на выполнение мероприятий повышения безопасности ГТС и необходимость в ее разработке;

- выполнена оценка потребности в проведении специальных исследований по надежности ГТС и риску возникновения чрезвычайных ситуаций и/или потребности в выполнении научно исследовательских работ (НИР);

- создан инструментарий информационного обеспечения разработки мероприятий безопасности ГТС (алгоритмы, процедуры и компьютерная система для ввода, хранения, обработки и предоставления необходимой информации в удобной и привычной для пользователя форме).

Важным аспектом разработки Программы является оценка эффективности инвестиций, требующихся для ее последующей реализации.

В рамках настоящей статьи изложены методические подходы, используемые при определении эффективности инвестиционного проекта по обеспечению безопасности ГТС.

Расчеты эффективности Программы базируются на «Методических рекомендациях по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция)», утвержденных Министерством экономики, Министерством финансов Российской Федерации, Государственным комитетом Российской Федерации по строительной, архитектурной и жилищной политике (№ВК-477 от 21.06.1999 г.), и «Методических рекомендациях по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель» (РД-АПК 3.00.01.003-03), согласованных с Министерством экономики и утвержденных Министерством сельского хозяйства РФ 24.01.2003г.

Для определения возможности государственной поддержки проекта оценивалась общественная эффективность Программы в целом, учитывающая последствия осуществления Программы для общества с точки зрения единственного участника проекта (государства) в целях выяснения потенциальной привлекательности проекта для возможных других участников.

При оценке общественной эффективности Программы определялись *денежные потоки от инвестиционной и операционной деятельности* за весь расчетный период эффективного функционирования ГТС, принятый равным 25 годам. В *денежных потоках* учитывались как изменение непосредственных результатов (*притоков*) и затрат (*оттоков*) за счет реализации инвестиционного проекта в мелиорации, так и «внешние» результаты (*притоки*) в смежных секторах экономики (гидроэнергетика, рыбное хозяйство, водоснабжение), а также экологические, социальные и иные внеэкономические результаты.

В качестве основного критерия для оценки эффективности принят дисконтированный прирост чистого дохода (ДПЧД) от инвестиционной и операционной деятельности, определяемый как накопленное за весь расчетный период сальдо приростного денежного потока.

$$\text{ДПЧД} = \sum_m f_m a_m$$

где: $\sum f_m$ – сальдо приростного денежного потока на m -м шаге;

α_m – коэффициент дисконтирования, а сумма распространяется на все шаги расчетного периода;

m – количество лет рассматриваемого периода.

$$\alpha_m = 1/(1+E)^m$$

E – норма дисконта. В соответствии с рекомендациями (РД-АПК 3.00.01.003-03) принята равной 6%.

Социально-экономические и эколого-экономические результаты достигаются после осуществления строительных работ.

Социально-экономический эффект в результате осуществления мелиоративного инвестиционного проекта (МИП) определялся в сфере налоговых поступлений в бюджет и учитывает налог на добавленную стоимость, единый социальный налог и налоги на доходы физических лиц.

Неотъемлемой составной частью эффективности государственных инвестиций является эффект мультипликации. Социально-экономическая эффективность в статье “Налоги” повышена при учете эффекта мультипликатора в таких отраслях, как сельское хозяйство и строительство. Мультипликативный эффект учитывался введением повышающего коэффициента на вышеуказанные налоги. Количественное значение мультипликационного коэффициента для сельского хозяйства и строительства получено по рекомендациям /Старов Н.Н., 2000, Зинченко А.П., 2002/. Он изменяется от 1,41 до 4,0 соответственно для строительства и сельского хозяйства.

В основу определения размера налоговых поступлений в бюджет с учетом мультипликатора при определении эффективности инвестиций в «Программу» положена величина мультипликатора 1.4 и 1.9 соответственно в строительстве и сельском хозяйстве.

Эколого-экономический результат осуществления МИП определялся по величине предотвращенных убытков, причиняемых авариями потенциально опасных ГТС. Расчеты убытков включают определение реального (прямого) ущерба и упущенной выгоды, которые могут понести физические и юридические лица.

Кроме основного критерия при оценке эффективности МИП использовался прирост чистого дохода, сроки окупаемости затрат по приросту чистого дохода и дисконтированному приросту чистого дохода.

Выполнены расчеты эффективности программы для трех вариантов распределения инвестиций пессимистического, реалистического и оптимистического. Варианты различаются объемами ежегодной реализации эксплуатационных мероприятий по обеспечению безопасности ГТС ЮФО (табл.1.).

Таблица 1 - Объемы реализации эксплуатационных мероприятий

| Объем капиталовложений, млн. руб | Всего | в том числе по годам | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---------|----------------------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| Пессимистический | 27172,1 | 3532,4 | 3532,4 | 3532,4 | 3532,3 | 2173,8 | 2173,8 | 2173,8 | 2173,8 | 2173,8 | 2173,7 |
| Реалистический | 27172,1 | 4456,2 | 4836,6 | 4836,6 | 4021,5 | 4021,5 | 4999,7 | | | | |
| Оптимистический | 27172,1 | 4021,5 | 4999,7 | 8070,1 | 10080,8 | | | | | | |

Затраты федерального бюджета на эксплуатационные планово-предупредительные мероприятия по безопасности ГТС ЮФО обеспечивают пропорциональное снижение потенциальных ущербов от возможных аварийных ситуаций, в том числе в размере 7 -14% в период 2006-2010г.г.

Сравнительная характеристика эффективности вариантов представлена в таблице 2. Анализ материалов оценки свидетельствуют об удовлетворительной эффективности инвестиций в программу «Безопасность».

По всем вариантам как дисконтированный прирост чистого дохода так и прирост чистого дохода положителен, что свидетельствует о целесообразности государственной поддержки инвестиций в программу.

Эколого-экономический эффект

Экологический результат Программы достигается за счет проведения эксплуатационных планово предупредительных мероприятий (ремонта, капитального ремонта и реконструкции ГТС):

- защитой от затопления, подтопления, заболачивания и засоления земель сельскохозяйственного назначения; территорий и населенных пунктов; рыбных запасов;

- сохранением производства электроэнергии;

- обеспечением питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения.

Эколого-экономический результат Программы представляет собой оценку предотвращенного ущерба от недобора сельскохозяйственной продукции в зоне затопления и подтопления сельскохозяйственных земель, снижения рыбопродуктивности из-за ликвидации рыбоводных прудов, снижения производства электроэнергии, нарушения водообеспечения питьевых и хозяйственно-бытовых нужд, затопления территории и населенных пунктов.

Для расчета предотвращенного ущерба использован метод укрупненной оценки. Он базируется на использовании данных о параметрах гидродинамической аварии ГТС и данных макроэкономического состояния территорий, подверженных негативному воздействию этой аварии. Метод применяется при отсутствии и невозможности получения электронных карт, он ориентирован на использование имеющейся и доступной информации об освоении территории зон затопления.

Экономическая оценка ущербов определяется при среднестатистических значениях стоимости основных фондов в целом по региону с выделением в зоне затопления подзон, различающихся по хозяйственному использованию: городскую застройку, сельские населенные пункты, сельхозугодия и т.д.

Определение предотвращенного ущерба выполнялось по данным, представленным ФГУ «Управление «Мелиоводхоз» МСХ России и ФГУ Управления эксплуатации объектов межреспубликанского назначения ЮФО по каждому потенциально-опасному ГТС.

Для определения косвенного ущерба (упущенной выгоды) использовались следующие данные:

Таблица 2 - Результаты оценки эффективности МИП «Программа «Безопасность»

| № | Наименование | Ед. изм. | ВАРИАНТЫ | | |
|---|---------------------------------------------------------------|----------|-----------------------|----------------|---------------------------|
| | | | Пессими- стический | Реалистический | Оптимис- тиче- ский |
| 1 | Дисконтированный прирост чистого дохода | млн. руб | 29898.4 | 33334.9 | 34077.2 |
| | - в том числе за период 2006 – 2010 гг. | | 1524.92 | 1995.59 | 2610.40 |
| 2 | Прирост чистого дохода | млн. руб | 121056.8 | 134070.9 | 137976.2 |
| | - в том числе за период 2006 – 2010 гг. | | 1925.17 | 2519.38 | 3295.57 |
| 3 | Срок окупаемости по дисконтированному приросту чистого дохода | лет | 4 | 4 | 4 |
| 4 | Срок окупаемости по приросту чистого дохода | лет | 4 | 4 | 4 |
| 5 | Социально экономический эффект | млн. руб | 33535,2 | 38976,9 | 39534,3 |
| | - в том числе за период 2006 – 2015 гг. | | 22169,4 | 25895,64 | 26551,16 |
| 6 | Эколого-экономический результат | млн. руб | 137626.9 | 146731.8 | 150730.9 |
| | - в том числе за период 2006 – 2015 гг. | | 72400.89 | 81545.57 | 85504.82 |
| 7 | Прибыль от операционной деятельности | млн. руб | 1070.4 | 4979.6 | 4885.9 |
| | - в том числе за период 2006 – 2015 гг. | | 573.42 | 2767.19 | 2771.65 |
| 8 | Затраты на техническую эксплуатацию ГТС | млн. руб | 22933.3 | 24465.7 | 25116.8 |

- размер регулярно орошаемых площадей, исключаемых из полива;
- размер рыбоводных прудов, на которые прекращается водоподача;
- количество человек проживающих в населенных пунктах, где будет прекращено питьевое и хозяйственно бытовое водоснабжение;
- количество электроэнергии, выработка которой будет прекращена гидроэлектростанциями на магистральных каналах.

Для определения прямого ущерба использовались данные о количестве населенных пунктов, попадающих в зону затопления.

Величина общего предотвращенного эколого –экономического эффекта за расчетный 25 – летний период функционирования системы составит по вариантам

- для пессимистического 137626.9 млн. руб., из них за период 2006-2015гг. 72400.89 млн. руб.; период полного предотвращения ущерба -34 года.
- для реалистического 146731.8 млн. руб., из них за период 2006- 2015гг. 81545.57 млн. руб.; период полного предотвращения ущерба -30 лет.
- для оптимистического 150730.9 млн. руб., из них за период 2006-2015гг. 85504.82 млн. руб.; период полного предотвращения ущерба -28 лет.

Социально- экономический эффект программы

Социальный эффект при выполнении мероприятий программы обеспечивается поступлением в бюджет налогов, величина которых составляет:

- для пессимистического варианта 33535,2 млн. руб., в том числе налог на добавленную стоимость 6847.4 млн. руб., единый социальный налог – 1794.0 млн. руб., налог на доходы физических лиц 635.8 млн. руб. Налоговые поступления в бюджет за период 2006-2015гг составят -22169,4млн. руб, из них за счет НДС 6847.37 млн. руб, единый социальный налог -1794.01 млн. руб, налог на доходы физических лиц -890.16 млн. руб.

- для реалистического варианта 38976,9млн. руб., в том числе налог на добавленную стоимость 6847.4 млн. руб., единый социальный налог – 1794.0 млн. руб., налог на доходы физических лиц 890.2 млн. руб. Налоговые поступления в бюджет за период 2006-2015гг составят -25895,64млн. руб, из них за счет НДС 6847.37 млн. руб, единый социальный налог -1794.01 млн. руб, налог на доходы физических лиц -890.16 млн. руб.

- для оптимистического варианта 39534,3млн. руб., в том числе налог на добавленную стоимость 6847.4 млн. руб., единый социальный налог – 1794.0 млн. руб., налог на доходы физических лиц 890.2 млн. руб. Налоговые поступления в бюджет за период 2006-2015гг составят -26551,16 млн. руб, из них за счет НДС 6847.37 млн. руб, единый социальный налог -1794.01 млн. руб, налог на доходы физических лиц -890.16 млн. руб.

Налог на добавленную стоимость принят в соответствии в действующими нормативами 18% от сметной стоимости строительства и 10% от выручки за сельскохозяйственную продукцию. Единый социальный налог составляет 26,2%.налоги на доходы с физических лиц – 13% от фонда заработной платы.

Фонд заработной платы по рекомендациям /Краснощеков В.Н.,2001/ определяется в размере 18% от сметной стоимости строительства.

Заключение

Как отмечалось выше все рассмотренные варианты имеют положительную общественную эффективность и практически одинаковый срок окупаемости. Вместе с тем показатели - денежные потоки от инвестиционной и операционной деятельности, социально-экономический и эколого-экономический эффекты - выше у оптимистического варианта. Пессимистический вариант имеет самые низкие значения этих показателей.

С учетом реальной оценки возможности строительных организаций по освоению инвестиций в реконструкцию и капитальный ремонт ГТС ЮФО к реализации рекомендован «Реалистический вариант» распределения инвестиций в Программу «Безопасность».

Литература

- 1.Зинченко А.П. Сельское хозяйство в системе национального счетоводства. М., МСХ., 2002.
- 2.Краснощеков В.Н.Теория и практика эколого-экономического обоснования комплексных мелиораций в системе адаптивно-ландшафтного земледелия. Московский государственный университет природообустройства. М., 2001.
3. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция). М.1999 г.
4. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель. (РД-АПК 3.00.01.003-03).
5. Старов Н.Н. Теория и практика использования инвестиционного мультипликатора при обосновании целесообразности развития транспортной инфраструктуры: Автореферат дисс...к.э.н., М, 2000.

УДК 502.7

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН КАК ФАКТОР АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

В.В. Каштанов,

ФГНУ ВНИИ «Радуга», Коломна, Россия

Одним из основных путей обеспечения устойчивого экономического развития сферы сельскохозяйственного производства является ресурсосбережение, заключающееся в развитии технологий, которые обеспечивают не только процесс удовлетворения потребностей общества, но и наиболее рациональное использование природных ресурсов и защиту окружающей среды.

Сельское хозяйство большого количества стран развивается на базе орошаемого земледелия. В Российской Федерации, например, самым распространенным видом орошения является дождевание. Этим способом орошается около 96% поливных площадей. По осредненным данным в мире расходуется от 1,7 до 2,5 тыс. км³ пресных вод на одно только орошение, а все отрасли хозяй-

ства вместе потребляют её около 3,3 тыс. км³ [1]. При этом, использование устаревших технологий полива и несовершенной дождевальной техники, сопровождается потерей 50% и более оросительной воды, большими энергетическими и материальными затратами, деградацией орошаемых земель [3] и рядом других экологически опасных факторов.

В общем случае, экологически опасные факторы воздействия на окружающую среду можно разделить на два основных типа: природные и антропогенные.

Дождевальная техника по определению является антропогенным объектом, т.е. объектом, созданным человеком для обеспечения его социальных потребностей и оказывает соответствующее воздействие на окружающую среду. Такое воздействие принято характеризовать пятью основными классами экологической опасности: экономическим, политическим, социальным, правовым и непредвиденным [2]. Понятно, что основанием для такой классификации являются основные виды человеческой деятельности.

Для характеристики дождевальной техники, использующей природный объект – воду, наиболее значимым является экономический класс антропогенного воздействия на окружающую среду. Основными показателями этого класса являются ресурсные и энергетические факторы.

К ресурсным факторам при оценке дождевальной техники следует отнести, прежде всего, использование воды, необоснованное потребление которой и нерациональное распределение в виде дождя по орошаемой площади сопровождается поверхностным стоком и эрозией почвы. Это приводит к чрезмерным агротехническим нагрузкам на почву, ухудшает её состояние и снижает урожайность орошаемых сельскохозяйственных культур.

Техническими характеристиками дождевальных машин и установок, отражающими ресурсный фактор антропогенного воздействия на природные объекты, являются: расход воды машиной; средняя интенсивность искусственного дождя, отражающая дождевую нагрузку на орошаемую площадь; средний диаметр капель дождя; равномерность распределения воды (коэффициент эффективного полива). Для снижения негативного влияния ресурсного фактора в практике использования дождевальной техники применяют приёмы экономного расходования воды, связанные с внедрением прогрессивных технологий, обеспечением экологически безопасных параметров искусственного дождя, учетом конкретных природно-климатических условий эксплуатации и организации орошаемой территории [4].

Энергетический фактор экономического класса антропогенного воздействия дождевальной техники определяется её концентрацией на сельскохозяйственных производственных объектах, что ведет к концентрации потребления энергии и необходимости перераспределения её между антропогенными объектами. Кроме того, энергетический фактор экологической опасности проявляется в сбоях при поставке энергии, обеспечивающей работоспособность технических средств орошения.

Реальными вариантами решения этой проблемы, с целью сбалансированного использования энергии, являются: уменьшение энергопотребления; повы-

шение надежности работы дождевальных систем; максимальное использование рабочего времени машин и операторов.

На практике это достигается путем снижения напора потока воды на входе в машину или установку, при условии обеспечения экологически безопасных характеристик искусственного дождя и/или путем устранения причин, вызывающих сбои (отказы) в работе технического средства орошения, связанные с прекращением подачи энергии, как электрической, так и гидравлической.

Для иллюстрации уровня энергетических затрат на орошение, показательна следующая статистика. На производство одного и того же вида продукции в странах СНГ расходуется энергии в два-три раза больше, чем, например, в США и Японии [5].

Техническими характеристиками дождевальной техники, влияющими на энергетический фактор, являются: напор воды на входе в машину или установку; коэффициент использования времени смены; коэффициент готовности.

В таблице 1 приведены количественные значения показателей ресурсных и энергетических факторов экономического класса антропогенного воздействия на окружающую среду серийных и усовершенствованных (модернизированных) дождевальных машин и установок [6]. Анализ этих данных, полученных при Государственных испытаниях дождевальной техники (Владимирская МИС) позволяет констатировать следующие факты:

- технические и качественные характеристики модернизированных дождевальных машин существенно выше характеристик серийных машин;
- экологическая направленность усовершенствования характеристик дождевальной техники позволяет предупредить её негативное воздействие на окружающую среду и расширить диапазон применимости дождевальных машин;
- вновь создаваемая дождевальная техника, стационарная оросительная система для полива рассады овощных культур, выращиваемой в кассетах, дождевальная установка ДШУ-0,9М (табл. 1) имеет агротехнические показатели, обеспечивающие экологически безопасные технологии полива.

Усовершенствование дождевальной техники позволяет также повысить экономический эффект её применения, уровень рентабельности орошаемого земледелия с 50% при орошении серийными дождевальными машинами до 250% при дождевании модернизированными машинами [6].

В ФГНУ ВНИИ «Радуга» (г. Коломна Московской области) накоплен большой опыт модернизации многих видов дождевальной техники на действующих оросительных системах России [7]: Республике Башкортостан, Ставропольском и Краснодарском крае, Челябинской и Рязанской областях, Москве и большинстве районов Московской области.

Использование усовершенствованной дождевальной техники и внедрение новых технологий снижает водопотребление на орошаемых площадях до 40-60% [1], а энергопотребление на 15...20% в сравнении с серийными дождевальными машинами [8].

Таблица 1 – Показатели факторов экономического класса антропогенного воздействия на окружающую среду серийной и модернизированной дождевальной техники

| Наименование показателя | Тип дождевальной техники и значения показателей | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|-----|-----------|-----|-----------|------|------------------------|------|----------|-----|
| | Фрегат-Н (7 тел) | | Кубань-ЛК | | ДДА-100МА | | Стац. оро-сит. система | | ДШУ-0,9М | |
| | С | М | С | М | С | М | С | М | С | М |
| Ресурсные факторы | | | | | | | | | | |
| Расход воды, л/с | 28 | 20 | 75 | 63 | 130 | 100 | 5,4 | 2,4 | 1,0 | 0,9 |
| Средняя интенсивность дождя, мм/мин | 0,3 | 0,3 | 0,9 | 0,4 | 4,85 | 2,22 | 0,77 | 0,33 | 0,3 | 0,2 |
| Средний диаметр капель, мм | 1,5 | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 1,3 | 0,8 | 1,2 | 0,6 | 0,9 | 0,8 |
| Коэффициент эффективного полива | 0,6 | 0,8 | 0,7 | 0,8 | 0,6 | 0,8 | 0,50 | 0,77 | 0,6 | 0,8 |
| Энергетические факторы | | | | | | | | | | |
| Напор воды на входе, МПа | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,37 | 0,25 | 0,20 | 0,15 | 0,3 | 0,1 |
| Коэффициент использования времени смены | 0,8 | 0,9 | 0,8 | 0,9 | 0,75 | 0,92 | 0,80 | 0,92 | 0,7 | 0,9 |
| Коэффициент готовности | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,95 | 0,95 | 0,99 | 0,8 | 0,9 |

С – серийная; М – модернизированная

С 2004 года на основе разработок ФГНУ ВНИИ «Радуга» организован промышленный выпуск усовершенствованных образцов дождевальной техники. Это позволит решать вопросы продовольственной и экономической безопасности страны на основе стабилизации урожайности сельскохозяйственных культур при улучшении качества полива, снижении энергозатрат и обеспечении экологической безопасности агроландшафта.

Литература

1. К. П. Арент «Экономические аспекты экологизации развития народного хозяйства» МГУП, М., 2001, 193 с.
2. А.Г. Шмаль Национальная система экологической безопасности. Издательство: МУП «ИКЦ БНТВ», 2004г., г. Броницы, 200 с.
3. Н.И. Парфенова Потенциальная экологическая устойчивость геосистем к мелиоративному и водохозяйственному воздействию ВНИИГиМ, Москва, 2002, 28 с.
4. Е.В. Полуэктов, М.И. Арбузов Методология организации территории на эколого-ландшафтной основе - Новочеркасск, НГМА, 2000 г. 114 с.
5. В.А. Василенко Экология и экономика: Проблемы и поиски путей устойчивого развития. // Аналитический обзор. Новосибирск.: РАН СО, 1995, 122 с.
6. В.В. Каштанов Диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата технических наук «Технология и дождевальная установка для орошения приусадебных и садово-огородных участков», Рязань, РГСХА, 2005 г. , 186 с.
7. А. И. Рязанцев Механико-технологическое совершенствование дождевальной техники. Монография-Коломна, ФГОУ Коломенский ИППК Минсельхоза РФ, 2003,-246 с.
8. Протоколы Государственных испытаний Владимирской МИС № 1180062, 4180142, 2180092, 1180012, 1180022.

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ БАРАБИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Л.В. Кирейчева, И.В. Белова

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия;

М.В. Глистин, М.Т. Устинов

ФГУП «Запсибгипроводхоз, Новосибирск, Россия

Барабинская низменность (Бараба) расположена в северной и западной частях Новосибирской области и занимает площадь 11,7 млн. га, т.е. 62 % всей территории области. Разнообразие климатических, почвенных, геологических, гидрогеологических, гидрологических условий, наряду со значительной заболоченностью территории, является отличительной особенностью Барабинской низменности и придает уникальность этому природному объекту. Заболоченность территории Западно-Сибирской равнины предопределена сочетанием природных факторов – гумидным климатом, плоским рельефом, неудовлетворительной дренирующей способностью речной сети.

Вследствие значительного разнообразия природных условий почвенный покров Барабы представлен широким спектром почв и их комбинаций. В Барабе распространены черноземы, приуроченные к гривам и предгорным равнинам, луговые солончаковые и солонцеватые, лугово-болотные, болотные солончаковые, солонцеватые и осолоделые почвы, а также солонцы и солончаки /1,2/. Кроме того, значительные площади занимают лугово-черноземные почвы, большей частью солонцеватые, отличающиеся высоким потенциальным плодородием. Разновидностями черноземных и лугово-черноземных почв занято более 50 % площади пахотных земель, а также более 40 % площадей кормовых угодий.

Характеристика основных рассматриваемых типов почв представлена в таблице 1. Из таблицы 1 видно, что обеспеченность почв азотом колеблется от низкой (на черноземах) до высокой (на торфяниках). Содержание калия практически везде высокое, а фосфора – низкое на солонцах и южном черноземе, среднее – на обыкновенном черноземе и торфяниках, на остальных почвах содержание доступных форм фосфора достаточное. Практически все почвы засолены: сумма солей находится в пределах от 0,029 (чернозем обыкновенный) до 2,6 % (солончак луговой). По гранулометрическому составу почвы делятся на средне- и тяжелосуглинистые.

В настоящее время на большей части Барабинской низменности наблюдается подъем уровня грунтовых вод, причиной чего, наряду с климатической стадией повышенного увлажнения, является выход из строя более 90% магистральных осушительных каналов из-за прекращения работ по их эксплуатации и ремонту. Это привело не только к снижению природно-ресурсного потенциала, но и ухудшению социально-экономических условий – подтоплено большинство районных центров и около 200 сельских населенных пунктов; разрушаются до-

рожные покрытия; создается угрожающая санитарно-эпидемиологическая обстановка. Особую тревогу вызывает состояние сельхозпроизводства Барабы, так как в этом регионе сосредоточена основная часть (47%) сельскохозяйственных земель Новосибирской области.

Таблица 1 – Характеристика основных типов почв
(по данным Запсибгипроводхоза)

| Тип почвы | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | рН | Гумус, % | C _{гк} /C _{фк} | Мощность гумус. горизонта, см | Содержание физической глины, % | Сумма солей, % |
|-----------------------------------------------|---------|-------------------------------|------------------|---------|----------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|
| | мг/100г | | | | | | | | |
| Черноземно-луговая солонцевато-солончаковатая | 2,6 | 18 | 22,3 | 8,0 | 8,3 | 1,5 | 30-50 | 38,4 | 0,052-0,200 |
| Чернозем выщелоченный | 4,8 | 17 | 22,4 | 6,7 | 6,0 | 1,2 | 25-45 | 45,5-48,0 | - |
| Чернозем обыкновенный | 2,22 | 11 | 4,9 | 6,9-7,5 | 4-5 | 1,2 | 25-45 | 37,9-39,4 | 0,029 |
| Чернозем южный | 2,6 | 1,3 | 9 | 7,3 | 4,6 | 1,2 | 18-35 | 31,2-32,1 | - |
| Лугово-черноземная солонцеватая | 4-7 | 3 -9 | 15-45 | 7,2 | 7-9 | 1,5 | 30-50 | 44,9-65,3 | 0,078 |
| Луговая солонцевато-солончаковатая | 6,77 | 14 | 28,1 | 7,3 | 6,2-10 | 1,5 | 30-45 | 52,1-59,9 | 0,304 |
| Торфянисто-болотная | 2,14 % | 4 | 6 | 7,2 | 13 | 0,4 | 20-30 | 61,1 | более 2 |
| Торфяно-болотная | 2,14 % | 4 | 6 | 5,9-7,3 | 13 | 0,5 | 30-50 | 61,1 | |
| Солонец глубокоореховатый | 4,04 | 5,0 | 20 | 7,1 | 6,1 | 1,5 | 18-25 | 45,0-63,7 | 0,081-0,566 |
| Солонец среднестолбчатый | 4,75 | 5,0 | 20,0 | 6,7 | 6,2 | 1,5 | 10-18 | 45,0-52,0 | 0,093-0,175 |

Сельскохозяйственное производство является основным направлением народного хозяйства во всей Новосибирской области. На территории Барабинской низменности под сельхозугодиями занято 4099,5 тыс. га, что составляет 37% ее общей площади, в том числе пашни – 1505, 4 тыс. га (13,7 %), сенокосов и пастбищ – 2568,7 тыс. га (23,4 %).

Растениеводческая отрасль в основном направлена на производство зерна и обеспечение животноводства кормами (66,4 % и 30,1% посевной площади соответственно) /5/. Производственная деятельность сельскохозяйственных предприятий в Барабе имеет молочно-мясное направление с развитым зерновым производством. В связи со снижением урожайности основных сельскохозяйственных культур, уменьшается кормовая база для животноводства.

Решить проблему обеспечения населения Барабы сельскохозяйственной продукцией в полном объеме и улучшить качество жизни сельского населения возможно за счет развития производительных сил АПК. Основные усилия должны быть направлены не только на восстановление осушительных систем, но и проведение комплексной мелиорации для повышения природно-ресурсного потенциала Барабинской низменности, сельхозугодья которой способны удовлетворить потребность животноводства в кормах, а, следовательно, население – в основных продуктах питания. В связи с этим целью комплексной мелиорации Барабы является более полное использование природно-ресурсного потенциала территории для устойчивого развития сельскохозяйственного производства путем **создания гарантированной кормовой базы** животноводческой отрасли и улучшение социально-экономических условий.

Эффективность проведения мелиоративных мероприятий, направленных на улучшение мелиоративного состояния сельскохозяйственных угодий, повышение их плодородия и создание высокопродуктивных и устойчивых агроландшафтов, обеспечивающих стабильное развитие сельского хозяйства, оценивалась по двум интегральным показателям состояния агрогеосистемы: продуктивности сельскохозяйственных угодий и их экологической устойчивости.

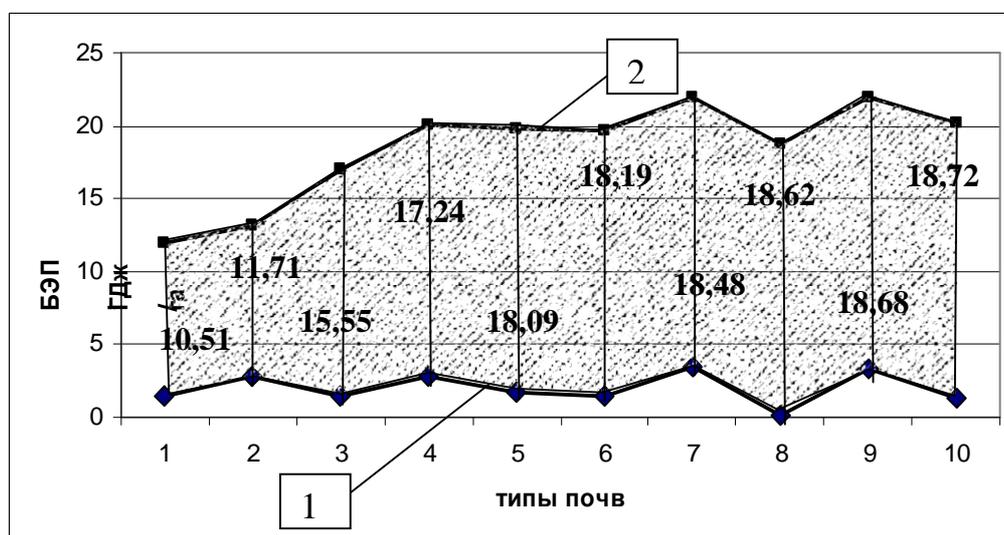
Проведенные расчеты показали, что наименьшей продуктивностью характеризуется торфянисто-болотная почва (табл. 2), а наибольшей – обыкновенные черноземы, хотя показатель его почвенного плодородия не самый высокий. Это объясняется тем, что при расчете величины продуктивности агрогеосистемы учитываются не только почвенные, но и климатические показатели, заметно снижающие продуктивность при неблагоприятных природных условиях.

Таблица 2 - Фактическая, потенциальная и экологически допустимая продуктивность с/х угодий, т з.ед./га

| Тип почвы | Продуктивность, т з.ед./га | | |
|-----------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| | фактическая | потенциальная на возможная | экологически допустимая |
| Чернозем выщелоченный | 0,68 | 4,57 | 3,80 |
| Чернозем обыкновенный | 0,72 | 4,57 | 3,85 |
| Чернозем южный | 0,31 | 3,50 | 2,81 |
| Черноземно-луговая солонцевато-солончаковатая | 0,30 | 3,54 | 2,38 |
| Лугово-черноземная солонцеватая | 0,57 | 2,74 | 2,65 |
| Луговая солонцевато-солончаковатая | 0,58 | 4,17 | 2,66 |
| Торфянисто-болотная | 0,02 | 3,90 | 1,69 |
| Торфяно-болотная | 0,37 | 4,14 | 2,87 |
| Солонец глубокоореховатый | 0,29 | 4,20 | 3,42 |
| Солонец среднестолбчатый | 0,31 | 4,10 | 3,44 |

Потенциально возможная продуктивность в данных почвенно-климатических условиях при благоприятном сочетании всех внешних факторов окружающей среды, включая высокий агротехнический фон (достаточное внесение минеральных и органических удобрений), полное соответствие требований растений к параметрам увлажнения и температуре, высокий уровень культуры производства, является продукционным потенциалом сельхозугодий. Но достижение продукционного потенциала может негативно сказаться на экологическом состоянии из-за высокой нагрузки на агроландшафт. Величина экологически обоснованной продуктивности почв, вовлекаемых в сельхозпроизводство, оценивалась с учетом их биоэнергетического потенциала (БЭП), т.е. полезной энергии органического вещества, которая обеспечивает непрерывность энергетического потока и может быть усвоена живыми организмами [3].

Биоэнергетический потенциал фактической продуктивности сельскохозяйственных культур (нижняя кривая) и их возможной продуктивности (верхняя кривая) для различных типов почвы представлен на рисунке 1.



Примечание: Типы почв: 1 - чернозем южный; 2 - лугово-черноземная солонцеватая; 3 - черноземно-луговая солонцевато-солончаковатая; 4 - луговая солонцевато-солончаковатая; 5 - торфяно-болотная; 6 - солонец среднестолбчатый; 7 - чернозем обыкновенный; 8 - торфянисто-болотная осолоделый солончак; 9 - чернозем выщелоченный; 10 - солонец глубокоореховатый.

Рисунок 1 - Биоэнергетический потенциал продуктивности сельскохозяйственных культур для различных типов почвы до проведения комплекса мелиораций (1) и после (2)

На черноземе южном для обеспечения потенциальной продуктивности требуется совершить наименьшую работу, то есть вложить меньше антропогенной энергии, а на выщелоченном черноземе требуется максимальное вложение энергии в связи с тем, что они деградированы в большей степени.

Величина продуктивности сельскохозяйственных угодий с учетом экологических ограничений ниже их максимально возможной продуктивности в

среднем на 27-30% (табл. 2). Она является критериальным значением, увеличение которого приведет к развитию негативных последствий в агроландшафте и снижению его экологической устойчивости.

Из таблицы следует, что продуктивность сельскохозяйственных угодий в современных условиях в 6-7 раз ниже, чем она может быть при применении современных технологий.

Коэффициент экологической устойчивости территории (почвенного выдела) (K_y) определялся в зависимости от типа воздействия на агроэкосистему, основных параметров состояния мелиорированного агроландшафта и их оптимальных значений. Фактические значения коэффициента экологической устойчивости и потенциально возможные при проведении комплексных мелиораций представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Коэффициенты устойчивости для каждого типа почвы

| Тип почвы | Коэффициент экологической устойчивости | |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------|
| | фактический | потенциально возможный |
| Чернозем выщелоченный | <0,1 | 0,87 |
| Чернозем обыкновенный | 0,72 | 0,9 |
| Чернозем южный | 0,56 | 0,97 |
| Черноземно-луговая солонцевато-солончаковатая | <0,1 | 0,96 |
| Лугово-черноземная солонцеватая | <0,1 | 0,97 |
| Луговая солонцевато-солончаковатая | <0,1 | 0,95 |
| Торфянисто-болотная осолоделый солончак | <0,1 | 0,98 |
| Торфяно-болотная | <0,1 | 0,98 |
| Солонец глубокоореховатый | <0,1 | 0,99 |
| Солонец среднестолбчатый | <0,1 | 0,99 |
| Солончак луговой | <0,1 | 0,97 |

Практически все почвы рассматриваемой территории, используемые в сельхозпроизводстве, за исключением черноземов обыкновенных, в современных условиях имеют коэффициент устойчивости ниже критериального значения ($K_y < 0,7$). Причинами тому служит подтопление территории, недостаток питательных веществ (минеральных и органических) в почве, ее засоленность. Вместе с тем, некоторые почвы отличаются высоким содержанием гумуса и большой мощностью гумусового горизонта, но несбалансированность почвенных показателей (содержание гумуса, обеспеченность элементами минерального питания, кислотность почвы, ее гранулометрический состав и др.) понижает их экологическую устойчивость.

Вышеприведенный анализ показал, что современное состояние сельскохозяйственных угодий Барабинской низменности можно оценить как неудовлетворительное. Почвы этих земель обедняются, деградируют, воспроизводства почвенного плодородия не происходит, вследствие чего снижается продуктивность сельхозугодий, и их экологическая устойчивость. В настоящее время на-

блюдается низкая фактическая урожайность при достаточно высокой потенциально возможной. Комплексная мелиорация является основным инструментом для реализации этого потенциала, позволяющая создать собственную кормовую базу для животноводства, удовлетворить потребность населения в мясных и молочных продуктах, создать резерв этих продуктов для реализации, и в результате повысить экономический потенциал области.

Для повышения природно-ресурсного потенциала сельскохозяйственных угодий Барабинской низменности были рассмотрены следующие сценарии развития территории при проведении мелиораций:

1. Реконструкция существующих осушительных систем на площади 25,3 тыс. га.

2. Реконструкция существующих осушительных (25,3 тыс. га) и оросительных систем площадью 0,8 тыс. га.

3. Проведение агромелиоративных мероприятий практически на всей площади с/х угодий – 3008,4 тыс.га:

-химическая мелиорация солонцов (доза внесения гипса 10-15 т/га, может достигать до 40 т/га) на площади 1,2 тыс. га;

-агротехнические мелиорации. Доза внесения минеральных удобрений: азота - 60-80, фосфора – 40-70, калия – 90-100 кг д.в./га. Органические удобрения в полевых севооборотах поступают в почву либо при запуске измельченной соломы, либо при выращивании сидератов. На солонцах рекомендуется проводить рыхление и глубокую вспашку;

-биологические мелиорации: выращивание в кормовых севооборотах с/х культур, устойчивых к засолению и осолонцеванию (люцерну, донник, костреч безостый, пырей и т.д.).

4. Совместное проведение реконструкции существующих осушительных систем и комплекса агромелиоративных мероприятий.

5. Реализация адаптивного комплекса мелиоративных мероприятий, предполагающего проведение реконструкции существующих осушительных и оросительных систем, строительство дополнительных осушительно-увлажнительных систем, развитие лиманного орошения, проведение в полном объеме агромелиоративных мероприятий, химической и биологической мелиораций.

По результатам сценарных исследований (табл. 4) можно сделать следующие выводы:

-реконструкция существующих осушительных систем (1-ый сценарий) практически не скажется на увеличении продуктивности сельхозугодий, но позволит повысить коэффициент устойчивости солонцов и торфяно-болотных почв ($K_y=0,67-0,93$);

-при осуществлении 2-ого сценария только угодья на черноземах будут экологически устойчивы ($K_y=0,8-0,84$), их продукционный потенциал реализуется на 39 – 91%. Остальные почвы экологически не устойчивы, их продуктивность останется средней по сравнению с максимально возможной;

-реализация агромелиоративных мероприятий, химической и биологической мелиораций (3-ий сценарий) окажет положительное влияние на экологию

ческую устойчивость засоленных почв (K_y в среднем равен 0,7), но продуктивность их будет низкой (0,72 – 0,9 т з.ед./га);

Таблица 4 – Результаты сценарных исследований

| Тип почвы | Продуктивность, т з.ед./га | | | | | Коэффициент устойчивости | | | | | | |
|---------------------------------------------|----------------------------|--------------------|------|------|------|--------------------------|-------------------|--------------------|------|------|------|------|
| | соврем. состояние | варианты сценариев | | | | | соврем. состояние | варианты сценариев | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Чернозем выщелоченный | 0,68 | 0,68 | 3,44 | 0,89 | 0,97 | 4,57 | 0,1 | 0,95 | 0,8 | 0,7 | 0,88 | 0,87 |
| Чернозем обыкновенн. | 0,72 | 0,72 | 2,95 | 1,09 | 1,2 | 4,57 | 0,72 | 0,42 | 0,84 | 0,33 | 0,92 | 0,9 |
| Чернозем южный | 0,31 | 0,31 | 1,1 | 0,86 | 0,94 | 2,5 | 0,56 | 0,53 | 0,83 | 0,67 | 0,89 | 0,97 |
| Черноземно-луговая солонцевато-солончаковая | 0,3 | 0,3 | 1,05 | 0,9 | 1,04 | 3,54 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,8 | 0,96 | 0,96 |
| Лугово-черноземная солонцеватая | 0,57 | 0,57 | 2,1 | 0,87 | 0,96 | 2,74 | 0,1 | 0,33 | 0,05 | 0,51 | 0,98 | 0,97 |
| Луговая солонцевато-солончаковая | 0,58 | 0,58 | 2,12 | 1,15 | 1,27 | 4,17 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,81 | 0,96 | 0,95 |
| Торфянисто-болотная | 0,02 | 0,02 | 0,11 | 0,84 | 0,93 | 4,14 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,77 | 0,99 | 0,98 |
| Торфяно-болотная | 0,37 | 0,37 | 2,23 | 0,84 | 0,93 | 4,14 | 0,05 | 0,93 | 0,66 | 0,77 | 1 | 0,99 |
| Солонец глубокоореховатый | 0,31 | 0,31 | 2,08 | 0,74 | 0,81 | 4,2 | 0,1 | 0,67 | 0,37 | 0,58 | 0,98 | 0,99 |
| Солонец средне-столбчатый | 0,29 | 0,29 | 2,14 | 0,72 | 0,8 | 4,1 | 0,1 | 0,82 | 0,57 | 0,73 | 0,96 | 0,97 |

-совместное проведение 1-ого и 3-его сценариев (4-ый сценарий) может повысить экологическую устойчивость всех типов почв ($K_y=0,88-1$), но высокий уровень продуктивности не будет обеспечен. Максимальная урожайность с/х культур составит 1,27 т з.ед./га;

-реализация адаптивного комплекса мелиораций (5-ый сценарий), позволит повысить коэффициент устойчивости всех типов почв до критериального значения ($K_y=0,87-0,99>0,7$), и увеличить продуктивность до 2,5 - 4,5 т з.ед./га. Продуктивность сельхозугодий превышает экологически допустимое значение, поэтому для устойчивого развития мелиорированных земель антропогенную

нагрузку следует снизить до экологически обоснованной величины. Тогда урожайность с/х культур для каждого типа почвы, полученная при осуществлении 5-ого сценария, будет соответствовать критериальной.

Таким образом, только реализация последнего сценария способна обеспечить экологически обоснованную величину продуктивности сельскохозяйственных угодий и критериальное значение коэффициента экологической устойчивости.

Проведенные исследования позволили выявить 2 эффективных сценария развития комплексных мелиораций в Барабинской низменности:

1. Реалистический - проведение реконструкции существующих осушительных систем (25,3 тыс. га) на фоне комплекса агромелиоративных мероприятий (350 тыс. га): внесение минеральных и органических удобрений, на солонцах – гипсование, рыхление, глубокая вспашка; выращивание в кормовых севооборотах с/х культур, устойчивых к засолению, осолонцеванию, затоплению и т.д.

2. Оптимистический - проведение реконструкции существующих осушительных и оросительных систем, строительство дополнительных осушительно-увлажнительных систем двойного регулирования, развитие лиманного орошения, проведение в полном объеме агромелиоративных мероприятий, химической и биологической мелиораций (табл. 5).

Реализация **реалистического сценария** обеспечит экологическую устойчивость всех типов почв ($K_y=0,88-1$), но не обеспечит расширенное воспроизводство производительных сил региона, т.е. сельскохозяйственное производство будет развиваться по экстенсивному пути. Урожайность сельскохозяйственных культур увеличится в 2,5-3 раза по сравнению с существующей.

Таблица 5 – Комплекс мероприятий по развитию мелиорации Барабинской низменности на 2007-2010 г.г.

| №№ | Наименование мероприятий | Объем работ, тыс. га | Стоимость мероприятий, млн. руб. |
|----|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------|
| 1 | Реконструкция существующих осушительных и оросительных систем, в т.ч.: | 40,0 | 3400.0 |
| | -реконструкция осушительных систем | 25,3 | 2500.0 |
| | -реконструкция систем лиманного орошения | 13,9 | 420.0 |
| | -реконструкция оросительных систем с поставкой и монтажом дождевальных установок | 0,8 | 480.0 |
| 2 | Мероприятия по защите от подтопления и затопления | 350,0 | 260,0 |
| 3 | Агрохимические мероприятия, в т.ч.: | | 770.0 |
| | -мелиорация солонцов | | 15,5 |
| 4 | Культуртехнические работы на мелиорированных землях | 500 | 10,5 |

При реализации **оптимистического сценария** развития будет обеспечена высокая продуктивностью сельскохозяйственных земель (1,69 - 3,80 т з.ед./га) при их устойчивом развитии (K_y возрастает до 0,99). Комплексная мелиорация позволит повысить и сохранить плодородие почв: интегральный показатель плодородия почвы повысится в среднем в 1,5 раза по сравнению с современным состоянием. Все это будет способствовать повышению агроэкономического потенциала региона. Удовлетворение населения качественными продуктами питания (мясными и молочными) в соответствии с медицинскими нормативами будет осуществляться за счет их собственного производства, дополнительная продукция может быть использована для расширения поголовья скота или для реализации кормов в другие районы области или за ее пределы.

Анализ результатов оценки эколого-экономической эффективности мелиоративных проектов, проведенной по методике /4/, показал, что рассматриваемые сценарии являются экономически обоснованными, так как дисконтированный прирост чистого дохода положителен, а срок окупаемости с учетом дисконта составляет 2 и 4,5 года для реалистического и оптимистического сценариев соответственно (табл. 6). Следует отметить, что показатели эффективности участия государства в проекте развития комплексной мелиорации Барабы находятся на высоком уровне: срок окупаемости с учетом дисконта равен 5.7 годам; дисконтированный прирост чистого дохода - 2367,94 млн. руб.

Таблица 6 – Результаты оценки экономической эффективности рассматриваемых сценариев (общественной и бюджетной)

| Показатели | Ед. изм. | Реалистический сценарий | | Оптимистический сценарий | |
|-----------------------------------------------------|-----------|-------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------|
| | | Общественная | Бюджетная | Общественная | Бюджетная |
| Объем капиталовложений | млн. руб. | 1592.0 | 592.0 | 4440.50 | 4440.50 |
| Дисконтированный прирост чистого дохода | млн. руб. | 3612.93 | 635.89 | 8109.46 | 2367.94 |
| Прирост чистого дохода | млн. руб. | 14628.51 | 3225.48 | 18006.5 | 6520.44 |
| Срок окупаемости с учетом дисконта | лет | 2 | 4,5 | 4,5 | 5,7 |
| Срок окупаемости по приросту чистого дохода | лет | 2 | 4,2 | 4,1 | 5,5 |
| Сумма предотвращенного ущерба (за расчетный период) | млн. руб. | 7516.44 | - | 18928.0 | - |
| Социально-экономический эффект | млн. руб. | 4842.25 | 6544.88 (с учетом мультипликативного эффекта) | 4996.94 | 11690.40 (с учетом мультипликативного эффекта) |

Таким образом, развитие комплексной мелиорации Барабы, направленное на полное использование природно-ресурсного потенциала агроландшафтов путем создания оптимальных почвенно-климатических условий за счет проведения осушительных, оросительных, культуртехнических, химических, биологических, агролесотехнических и других видов мелиораций, позволит решить проблему обеспечения населения области достаточным количеством сельскохозяйственной продукции. Рекомендуемый комплекс мелиоративных мероприятий является экономически эффективным для общества в целом.

Литература

1. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области. – Новосибирск, 2002.
2. Елизарова Т.Н., Казанцев В.А., Магаева Л.А., Устинов М.Т. Эколого-мелиоративный потенциал почвенного покрова Западной Сибири. – Новосибирск, 1999.
3. Кирейчева Л.В., Белова И.В., Хохлова О.Б. Методология прогнозирования продукционного потенциала и формирование устойчивого мелиорированного агроландшафта. – Сб. «Методы и технологии комплексной мелиорации и экосистемного водопользования», Москва, 2006.
4. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель. РД-АПК 3.00.01.003-03.
5. Посевные площади, валовые сборы и средняя урожайность сельскохозяйственных культур по Новосибирской области за 2002-2005 г.г.

УДК 631.67

ПРОБЛЕМЫ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРОШЕНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

М. А. Рзаев

НПО АзНИИГиМ, Баку, Республика Азербайджан

Функционирование оросительной системы является довольно сложным процессом, требующим принятия целого ряда технических, технологических, организационных и управленческих решений, в большинстве случаев связанных с оперативным планированием. Обеспечение синхронной работы оросительной системы и дренажа в аридной зоне диктует необходимость согласованных действий по всей цепочке мероприятий, обеспечивающих с.-х. культуры поливной водой в необходимые сроки и необходимой нормой, а также отвод минерализованных грунтовых вод за пределы поля. Отсюда вытекают задачи управления работой гидромелиоративной системой на всех уровнях технологического цикла производства сельскохозяйственной продукции. Особенно остро вопросы управления орошением встают в условиях перехода к рынку и разукрупнения хозяйств.

Эффективность орошения в большинстве случаев далеко не соизмерима только с коммерческой эффективностью, определяемой через прирост урожайности сельскохозяйственных культур. Наряду с этим, необходимо учесть и оце-

нить экологические последствия орошения, в том числе водно-солевой баланс территории и плодородие корнеобитаемого слоя почв.

В условиях Кура-Араксинской низменности роль гидромелиоративных мероприятий (орошение и дренаж) в обеспечении урожайности агроценозов чрезвычайно важна, поэтому эффективное управление водоподачей и водоотведением на уровне всех фрагментов оросительной системы особенно актуально.

При плановой экономике поливная вода распределялась согласно годовым планам водопользования, формируемым, как правило, на основе предварительных заявок хозяйств, а все затраты на поливы покрывались за счет государственных средств. При этом районные оросительные управления в большинстве случаев не учитывали фактическую потребность водопользователей, складывающуюся в зависимости от конкретных погодных условий, технологий возделывания и биологических особенностей сельскохозяйственных культур, то есть управляли в условиях явной информационной энтропии. Указанная ситуация совсем не способствовала эффективности использования водных и земельных ресурсов и эффективности эксплуатации оросительных систем в целом.

Так несогласованные действия управления оросительных систем по водораспределению на уровне магистральных каналов приводили к излишним затратам воды порядка 12-18% от водозабора [1]. Неудовлетворительное техническое состояние и эксплуатация оросительных и коллекторно – дренажной сетей привели засолению и заболачиванию почв на 687.7 тыс. гектаров и к ухудшению эколого- мелиоративного состояния территории [2]. В современных условиях при организации сельскохозяйственного производства в условиях укрупнения хозяйств (табл. 1) требования к управлению эксплуатацией оросительной системы многократно возрастают. В настоящем переходном периоде финансовые и технические возможности этих хозяйств ограничены и они не всегда могут выполнять необходимые технологические мероприятия, сопутствующие ирригации и способствующие сохранению требуемого мелиоративного режима почв (например углубленная распашка, разрыхление, проводка временного поверхностного дренажа, химическая мелиорация и т.д. [2]).

Таблица 1 - Структура хозяйств в зависимости от наличия пригодных земель сельхозназначения

| Название Районов | Наличие пригодных земель сельхозназначения | | | | | | | | |
|---------------------|--------------------------------------------|-------|--------|---------|----------|----------|-----------|------------|------------|
| | < 1 га | 1-3га | 3-5 га | 5-10 га | 10-20 га | 20-50 га | 50-100 га | 100-200 га | 200-500 га |
| Количество хозяйств | | | | | | | | | |
| Сальяны | 72 | 242 | 91 | 26 | 8 | 4 | 2 | 3 | 2 |
| Уджар | 39 | 201 | 93 | 29 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Барда | 14 | 215 | 66 | 9 | 8 | 8 | 2 | 1 | 0 |
| Биласувар | 8 | 167 | 113 | 77 | 5 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Хачмаз | 59 | 232 | 86 | 33 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Абшерон | 13 | 3 | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 |

В дополнение к этому, появляются трудности сохранения запроектированной целостности оросительной и дренажной систем, обеспечивающей эффективное функционирование мелиоративного объекта.

Задача осложняется также наличием большого разнообразия природных, хозяйственных, технологических условий, состава выращиваемых сельскохозяйственных культур и, как следствие, режимов орошения и планов водоподдачи.

Поэтому оценка эффективности функционирования водохозяйственной системы требует применения комплексного подхода и учета всех основных факторов, определяющих организацию сельскохозяйственного производства до уровня каждого поля.

Оросительная сеть как многоуровневая структура имеет свои звенья, это означает, что вся система представляет собой семейство взаимодействующих подсистем.

Для правильной оценки функционирования оросительной системы необходимо определять эффективность работы всех ее звеньев. Такой подход позволяет формировать систему необходимых мероприятий для повышения основных показателей эффективности всей системы до заданного уровня. Это требуется также для планирования и реализации эксплуатационных работ и обеспечит определение объема необходимых инвестиций в реконструкцию системы.

Успешность действия системы в целом и фактически элементов любого уровня зависит от поведения каждого элемента системы. Так как само понятие приоритета подразумевает, что вмешательство предшествует действию более низких уровней, успешность работы верхнего уровня зависит не только от осуществляемых им действий (например, своевременная подача оросительной воды), но и от соответствующих реакций нижних уровней (правильная организация орошения и агротехники).

Таким образом, для оценки эффективности орошения в пределах одной оросительной системы, определяется эффективность каждого технологического отрезка, таких как магистральный оросительный канал, внутривладельческая оросительная сеть, поле, технология поливов и агротехнические мероприятия, внутривладельческая дренажная сеть и межхозяйственная коллекторно-дренажная сеть более высокого порядка. Совокупная эффективность функционирования системы в конкретном году складывается из результатов, определяющихся по состоянию водопользования всей системы, уровню урожайности сельскохозяйственных культур, динамике засоленности почвогрунтов, и от рентабельности хозяйства.

Исходя из вышеизложенного, оценку эффективности орошения рекомендуется производить с учетом следующих методических подходов:

- критериальные значения основных показателей эффективности для каждого уровня определяются либо на основе исследований или же нормативных расчетов для рассматриваемого участка.

- основным критерием эффективного функционирования межхозяйственного оросительного канала является способность своевременно обеспечить

все хозяйства в зоне обслуживания оросительной водой в нужном количестве; показателями эффективного функционирования являются КПД канала, пропускная способность (расход) канала и его сооружений.

Эффективность функционирования канала обеспечивается эффективностью работы государственных служб по их эксплуатации, напрямую связана с финансовыми и техническими возможностями эксплуатационных организаций и их деятельностью по обеспечению возвратности всех эксплуатационных затрат и разумной прибыли от их деятельности.

Если фактические показатели канала не соответствуют требуемым, принимается решение по реконструкции или капитальному ремонту для достижения заданных уровней эффективности (с учетом финансовых и технических возможностей пользователей):

- Функции внутрихозяйственных оросительных каналов разного порядка включают доставку воды к участку и ее распределения в зависимости от применяемого способа и технологии полива. На этом участке основными показателями эффективности функционирования внутрихозяйственной сети также являются КПД, расход каналов разного порядка и их способность своевременно и равномерно распределять требуемую воду по отдельным частям участка.

- Эффективность техники и технологии поливов достигается равномерным распределением поливной воды по всем участкам на уровне НВ, минимальной ирригационной эрозией и непроизводительными потерями воды. Это обеспечивается правильной организацией полей, выбором техники, технологии и сроков поливов. Прогрессивные технологии поливов с оптимальными параметрами были разработаны для условий региона на основе многолетних исследований.

- Функции дренажа заключаются в поддержке уровня грунтовых вод на заданном значении и своевременном отводе грунтовых вод за пределы поля. Основные показатели эффективной работы дренажа разработаны с учетом особенностей региона.

Научными и проектными институтами республики разработаны рекомендуемые значения основных показателей эффективности функционирования оросительных и мелиоративных систем для природно-хозяйственных условий региона. Они являются основой осуществления широкомасштабных инвестиционных программ в водном хозяйстве в республике [4].

Наряду с этим для комплексной оценки эффективности орошения в современных условиях в регионе требуется разработка гибких научно обоснованных технических, технологических, институциональных, организационных мер и совершенствование законодательства для их реализации исходя из современных нужд развития регионов и защиты экосистемы [5].

Выводы

1. Эффективность функционирования оросительной системы определяется эффективностью функционирования ее каждого технологического фрагмента.
2. Меры по повышению эффективности орошения до заданного уровня должны быть разработаны комплексно и охватывать все основные звенья оросительной системы.

3. Комплексная оценка эффективности орошения в современных условиях невозможна без учета экологических и социальных последствий мелиоративной деятельности.

3. Недопустима оценка коммерческой эффективности орошения только за счет прироста сельскохозяйственной продукции без учета дополнительных капиталовложений, необходимых для воспроизводства почвенного плодородия и охраны прилегающих земель.

4. Экономические, институциональные, организационные и инвестиционные меры для повышения эффективности функционирования конкретной оросительной и/или мелиоративной системы формируются на базе фактических значений основных показателей эффективности с учетом реалий их осуществления в зависимости от финансовых затрат и направления инвестиции, обеспечивающих повышение показателей эффективности до заданных (нормативных) уровней;

5. Инвестиционные программы для конкретных оросительных и мелиоративных систем необходимо разработать с учетом реализуемых региональных программ развития с тем, чтобы обеспечить комплексную эффективность орошения с максимальной народохозяйственной (общественной) эффективностью.

Литература:

1. Водное хозяйство Азербайджана и перспективы его развития. Баку, Азернешр, 1988. Стр.278., Исп. стр.170
2. Салахов С.В., Джафаров Х.Ф., Гашимов А.С., Велиев А.Г. «Рекомендации по мерам для улучшения мелиоративного состояния земель в настоящее время. Труды Азербайджанского Научно-исследовательского института Экономики и Организации Сельского хозяйства 2, Баку, 2004, МБМ, стр189. Исп. 35-37.
3. М. Месарович, Д.Мако и И. Такахара. Теория иерархических многоуровневых систем. Издательство «Мир» 1970, Стр.344. Исп. 53-56.
4. А.Ахмедзаде. Г.Алиев и Водное Хозяйство Азербайджана.(на Азербайджанском языке) Баку, Азернешр, 216 стр. Исп.38-50.
5. Рзаев М.А. Исследование современных проблем управления орошением в Азербайджане. Меліорація і Водне Господарство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник 92. Київ, Аграрна Наука, 2005. 256 стр. Исп.42-52.

УДК 631.6 : 631.95

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РЕГИОНАЛЬНОГО ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

А.В. Тиньгаев, Р.П. Воробьёва

АФ «Прогресс», Барнаул, Россия;

Л.В. Кирейчева

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Возрастающий объем биологических отходов промышленности, сельского и коммунального хозяйства в виде сточных вод, осадков сточных вод, других бытовых и промышленных отходов, животноводческих стоков, жидкого и по-

лужидкого бесподстилочного навоза оказывает отрицательное воздействие на окружающую среду и в первую очередь на водные источники.

На территории России миллионы кубометров отходов накоплены в отвалах (хвостах), шламонакопителях, на иловых площадках очистных сооружений, а отходы животноводства - в лагунах, не оборудованных гидроизоляцией навозохранилищах, что приводит к загрязнению прилегающих территорий и водных источников. Для этих целей изъяты миллионы гектар плодородных пахотных земель. В то же время мировая практика земледелия с древнейших времен использует на удобрение навоз, фекалии, отходы жизнедеятельности человека, все это происходит на фоне - повышения плодородия почв (Р.П. Воробьева, 2006).

Качественный состав биологических отходов должен соответствовать агрономелиоративным, санитарно-гигиеническим и ветеринарным требованиям.

При неконтролируемом использовании биологических отходов, несоблюдении рекомендуемых способов агрономелиоративных приемов происходит загрязнение подземных вод и деградация почв, выраженная в засолении, осолонцевании и загрязнении их вредными веществами.

Для успешного использования биологических отходов в регионе необходимы комплексные агроэкологические исследования с целью разработки рекомендаций по их использованию.

Основным методом исследований является экспериментальный с теоретическим обобщением опытных данных и технологических решений с использованием геоинформационного подхода.

Геоинформационную систему (ГИС) следует рассматривать как систему технических средств, программного и информационного обеспечения и математических процедур, предназначенную для сбора необходимых пространственных и иных связанных с пространственными данными, управления и манипулирования ими, их анализа, моделирования и отображения в целях решения комплекса задач (С.Л. Широкова, 2003), в нашем случае для оценки возможности использования биологических отходов в системе «биологические отходы - почва - подземные воды - растения».

В конце 70-х стали активно развиваться крупные международные геоинформационные проекты в области почвоведения, экологии и земельных ресурсов. Среди них особое место занимают «Мировая база данных для наук об окружающей среде» (WDDDES), «Глобальная информационно-ресурсная база данных GRID» и «Пространственно-координированная информация по окружающей среде стран ЕС» (CORINE) (В.И. Кирюшин, А.Л. Иванов, 2005).

Развитие геоинформатики в России во многом связано с проведением первой конференции «Проблемы геоинформатики», состоявшейся в 1983 году в Тарту.

Одной из первых ГИС для сельского хозяйства в России, является система управления земледелием и животноводством АСУ «Гея», разработанная в 1989-1994 годах Всесоюзным научно-исследовательским и проектно-технологическим институтом кибернетики совместно с Всесоюзным научно-исследовательским институтом по экономике и организации материально-технического обеспечения сельского хозяйства. АСУ «Гея», эффективно используя аналитические

возможности баз данных и специально разработанное программное обеспечение, открыла качественно новый уровень в управлении сельскохозяйственным производством (А.Ф. Алейников и др., 2005).

ФАО ведёт многолетнюю деятельность по созданию и развитию рамочных методических руководств, международных баз данных и ГИС в области сельскохозяйственного землепользования, агроэкологического районирования и оценки земель (В.И. Кирюшин, А.Л. Иванов, 2005).

Геоинформационные системы делятся на пять основных используемых классов: инструментальные ГИС, ГИС – просмотра, справочные картографические системы, средства пространственного моделирования, специальные средства обработки и дешифрирования данных зондирований земли [6].

Инструментальные ГИС являются полнофункциональными. Они выполняют различные задачи: ввод данных, их хранение, обработку информационных запросов, решения пространственно-аналитических задач и подготовку к выводу на твердый носитель картографических и атрибутивных данных. Инструментальные ГИС обеспечивают работу с растровыми и векторными изображениями, имеют встроенную базу данных для картографических и атрибутивных данных или поддерживают для хранения атрибутивных данных внешнюю базу данных: dBase, Paradox, Microsoft SQL, Oracle и др.

ГИС - просмотра обеспечивают просмотр картографических и атрибутивных данных, созданных инструментальными ГИС. ГИС- просмотра не имеют возможности пополнения баз данных. Во всех ГИС-просмотра выполняются операции позиционирования, увеличения и уменьшения картографических изображений.

Справочные картографические системы сочетают в себе хранение и отображение пространственно распределенной информации, реализует запросы по картографическим и атрибутивным данным, но при этом ограничены возможности по дополнению баз данных.

Средства пространственного моделирования используют для моделирования пространственного распределения различных параметров (агроландшафта, зон экологического загрязнения). Они снабжены средствами отображения и позволяют проводить самые разнообразные вычисления над пространственными данными.

Специальные средства обработки и дешифрирования данных зондирований земли служат для обработки со сканированными или записанными в цифровой форме снимками поверхности земли и содержат все виды коррекций через географическую привязку снимков и выполняют выдачу актуализированного топоплана.

Разрабатываемая геоинформационная система регионального эколого-мелиоративного использования биологических отходов в сельском хозяйстве относится к средствам пространственного моделирования и содержит три функционально-организационных блока (рис. 1).

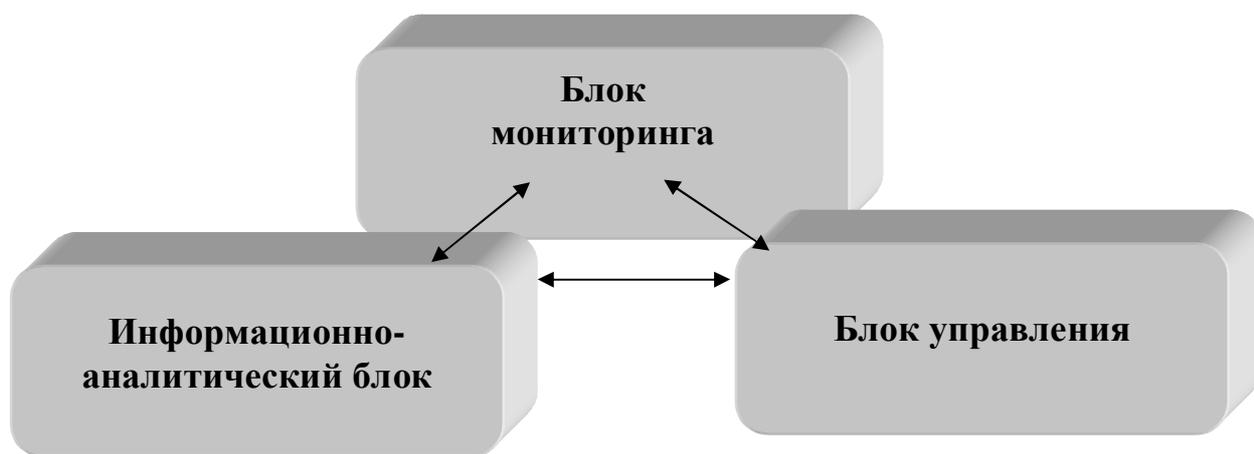


Рисунок 1 – Функционально-организационная структура геоинформационной системы регионального эколого-мелиоративного использования биологических отходов в сельском хозяйстве

Блок мониторинга решает задачи сбора и систематизации данных о различных биологических отходах в регионе.

Информационно-аналитический блок – предназначен для оценки возможности использования биологических отходов в системе «биологические отходы- почва - подземные воды - растения».

Блок управления осуществляет решение задач информационного обеспечения процесса принятия решений: выбор проблемно-ориентированной информации из баз данных системы, оценку альтернативных способов утилизации биологических отходов.

Эти блоки взаимосвязаны и могут рассматриваться в комплексе или относительно самостоятельно.

Разработка геоинформационной системы состоит из трёх уровней: проблемный (пользовательский), логический (системного проектирования) и технический (компьютерной реализации).

Проблемный уровень отражает пользовательское представление о системе в контексте ее целевого назначения. Уровень содержит функционально-организационные блоки геоинформационной системы регионального эколого-мелиоративного использования биологических отходов в сельском хозяйстве, определяющие ее принципиальное назначение, задачи и функции.

Логический уровень описывает объекты ГИС и их взаимосвязи. На рисунке 2 представлена принципиальная структура геоинформационной системы.

Для отображения свойств объектов геоинформационной системы в структуре ГИС выделяются два блока: информационная модель и аналитический блок системы.

Информационная модель отображает объекты геоинформационной системы: источники биологических отходов и места их захоронения, границы административных, природных и природно-хозяйственных единиц, агроландшафты, почвы, реки, озера, подземные воды, кормовые культуры, периоды наблюдений и оценки.

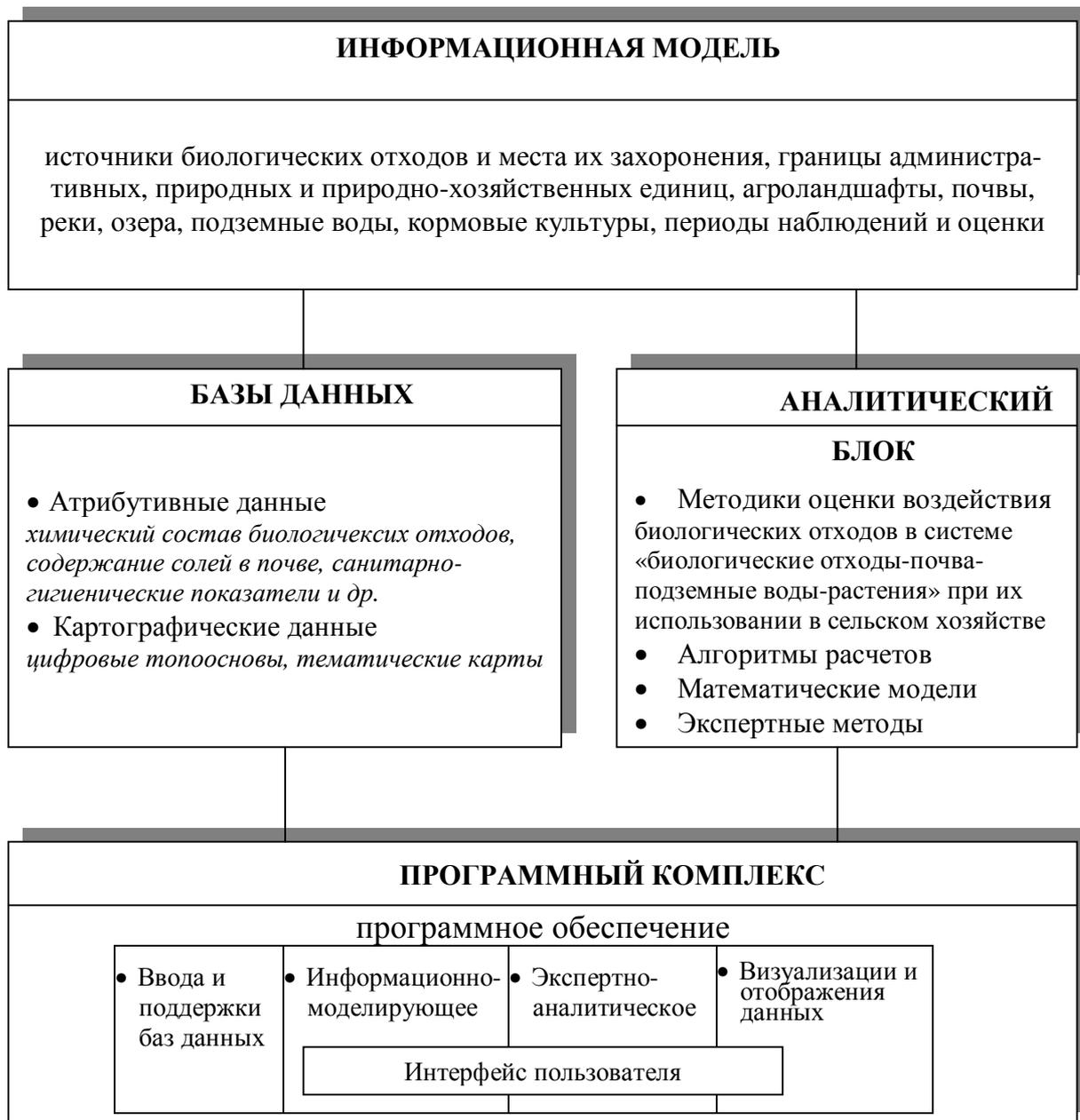


Рисунок 2 - Принципиальная структура ГИС регионального эколого-мелиоративного использования биологических отходов в сельском хозяйстве

Аналитический блок содержит методики, алгоритмы, методы и модели решения прикладных задач системы и определяет состав программного комплекса.

Программный комплекс состоит из программного обеспечения моделирования и оценки воздействия биологических отходов при их использовании в сельском хозяйстве на подземные воды, почву и растения и геоинформационного инструментария, обеспечивающего технологическую увязку различных моделей, картографическое моделирование и отображение информации для выработки и принятия управленческих решений.

Системный технологический процесс создания и использования баз данных включает в себя последовательность взаимосвязанных операций: сбор цифровых данных о биологических отходах в регионе, о территориальных объектах, формирование цифровых картографических баз данных, создание атрибутивных баз данных, привязку атрибутов пространственных объектов из баз данных к цифровой модели местности, пространственную обработку и интерпретацию данных, получение аналитических картографических материалов для пользователей. В этом технологическом процессе разработка структуры атрибутивной и картографической баз данных зависит от требований к оценке качества биологических отходов для их использования в сельском хозяйстве и наличия соответствующих данных.

Блок базы данных содержит картографические базы данных и атрибутивные базы данных.

В состав картографической базы данных ГИС входят: цифровая модель региона (границы административных, природных и природно-хозяйственных единиц, агроландшафты, рельеф, почвы, реки, озера, подземные воды, выращиваемые кормовые культуры), цифровая модель воздействий (источники бытовых отходов и места их захоронения), цифровая модель использования биологических отходов в сельском хозяйстве региона.

Атрибутивная база данных отражает состав и взаимосвязи количественных и качественных параметров системы в виде показателей, привязанных к картографическим объектам.

Блок программный комплекс содержит программное обеспечение ввода и поддержки баз данных, информационно-моделирующие, экспертно-аналитическое, визуализации и отображения результатов работы.

Разрабатываемая геоинформационная система обеспечивает пользователей необходимой информацией для принятия управленческих решений и является системой поддержки принятия решений.

Система поддержки принятия решений (СППР) – это организованная и упорядоченная совокупность процедур подготовки и обработки информации в сфере управления. СППР разрабатываются для поддержки пользователя при осмысливании и принятии решения, касающегося относительно неструктурных задач (И.Ф. Юрченко, 2000).

Функции принятия и реализации решений в ГИС регионального эколого-мелиоративного использования биологических отходов в сельском хозяйстве представлены на рисунке 3.

Блок принятия решений служит для выработки оптимального варианта утилизации биологических отходов. На блок принятия решений воздействуют блоки анализа входов и сравнения.

Блок анализа входов содержит исходную информацию по региону и производит обработку данных.

Блок сравнения производит анализ возможных способов утилизации отходов.

Геоинформационная система разрабатывается в MapInfo Professional. MapInfo Professional является наиболее развитой, мощной и простой в использова-

нии системой настольной картографии, позволяющей решать широкий спектр задач в различных сферах деятельности.

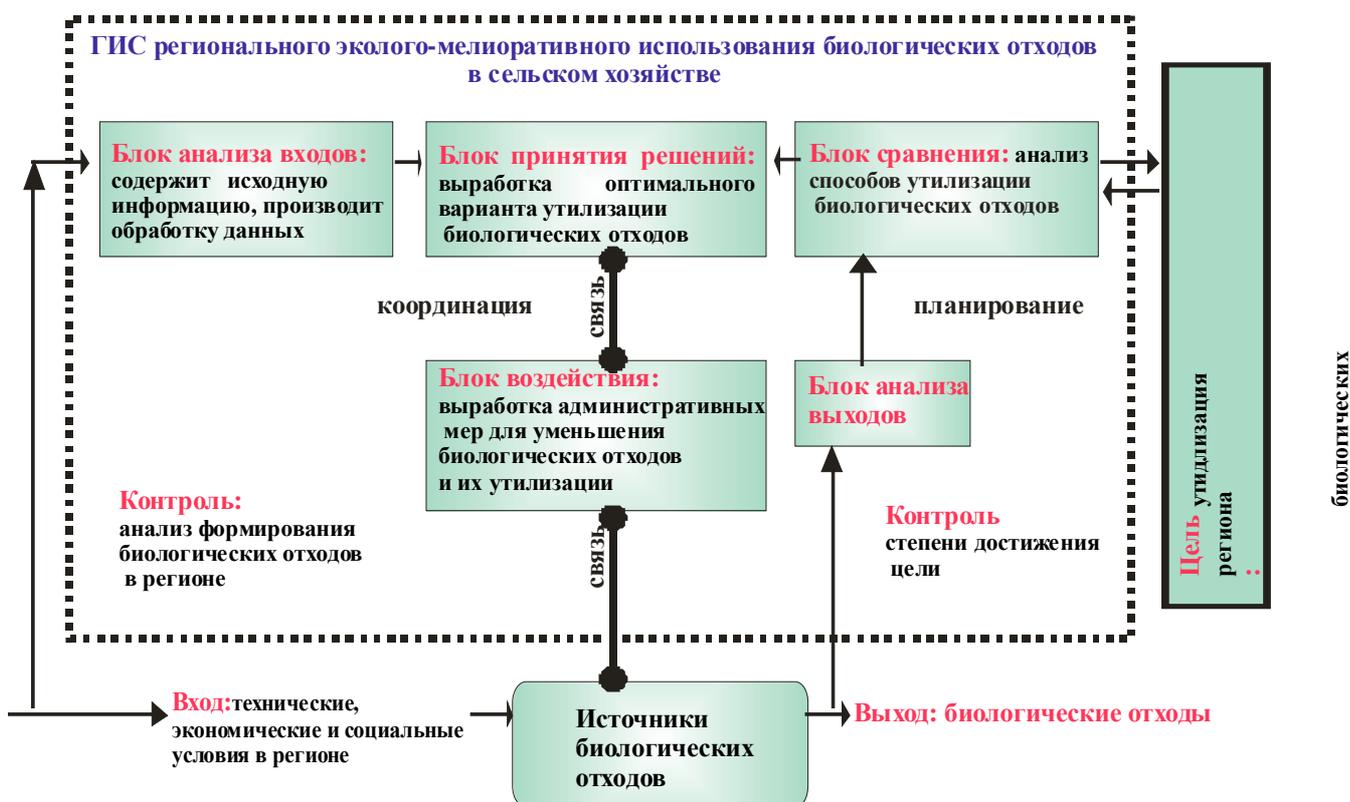


Рисунок 3 - Функции принятия и реализации решений в ГИС регионального эколого-мелиоративного использования биологических отходов в сельском хозяйстве

Геоинформационная система регионального эколого-мелиоративного использования биологических отходов в сельском хозяйстве позволит принимать на региональном уровне решения по утилизации биологических отходов, что улучшит экологическую обстановку по региону.

Литература

1. Алейников А.Ф., Голышев Д.Н., Габитов Н.М., Дудкин А.Л., Матасов Ю.А., Потанин В.Г., Чешкова А.Ф. Проблемы информатизации сельскохозяйственной науки Сибири / Под общей редакцией А.Ф. Алейникова. – Новосибирск, 2005. – 320 с.
2. Воробьева Р.П., Тиньгаев А.В. Нетрадиционные удобрения для повышения плодородия почв Сибири. – Новосибирск, 2006.
3. Кирюшин В.И., Иванов А.Л. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 784 с.
4. Широкова С.Л. Основы построения ГИС управления природопользованием: Монография. – Барнаул: Изд-во Алт.ун-та, 2003. – 188 с.
5. Юрченко И.Ф. Информационные технологии обоснования мелиораций. – М., 2000 – с. 283.
6. Материалы сайта www.gisa.ru.

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ РЕГИОНАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ РАЗМЕЩЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ МЕЛИОРАЦИИ НА ОСНОВЕ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Г.Н. Суханов

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

В условиях развивающихся рыночных отношений, затронувших все без исключения отрасли АПК, требования к экономическому обоснованию целесообразности проведения комплексных мелиораций становятся приоритетными.

Существовавшие во времена плановой экономики подходы к экономическому обоснованию общественной целесообразности проведения мелиоративных работ устарели и не могут быть применены в рыночных условиях без соответствующей адаптации.

Учет изменений общегосударственного масштаба также являются важным аргументом необходимости экономического обоснования развития и размещения комплексных мелиораций в рыночных условиях.

К ключевым изменениям общегосударственного характера следует отнести возможность вступления России во Всемирную торговую организацию (ВТО). Членство в ВТО налагает ряд экономических ограничений на поддержку сельскохозяйственного производителя, которая может осуществляться лишь косвенными методами, не оказывающими «искажающего» воздействия на торговлю и производство сельскохозяйственной продукции. К ним могут быть отнесены «бюджетные расходы, связанные со строительством мелиоративных сооружений (за исключением операционных расходов на поддержание их функционирования), улучшением землепользования, охраной окружающей среды» [1, 3]. Таким образом, развитие и размещение комплексных мелиораций может выступать одним из факторов косвенной поддержки сельского хозяйства.

Высокая стоимость комплексных мелиораций в условиях повсеместного и продолжительного безденежья сельхозтоваропроизводителей, а также ошибочное негативное отношение общества к мелиорации в значительной степени мешает нормальному (рыночно ориентированному) развитию мелиоративной отрасли.

Изменить сложившуюся ситуацию способно использование современных методов экономического обоснования комплексных мелиораций, основанных на предоставлении полной и достоверной информации об экономических последствиях проведения мелиоративных работ.

Обоснование целесообразности развития и определение экономической эффективности размещения комплексных мелиораций в данной работе рассмотрено на материалах Тверской области. Рассматривались основные виды мелиорации, применения которых наиболее актуально для почв Тверской области: осушение, культуртехническая мелиорация, известкование, внесение минеральных и органических удобрений.

Рассмотрим постановку оптимизационной задачи развития и размещения комплексных мелиораций при условии использования эколого-экономической и экономико-математической моделей. Затраты, связанные с реализацией комплексных мелиораций, определяются их составом и интенсивностью мелиоративных факторов, которые, в свою очередь определяются агрофизическими, агрохимическими и экологическими характеристиками почвенного покрова. Тогда задача оптимального распределения средств на агромелиоративные мероприятия по видам мелиораций некоторой территории может быть представлена в следующем виде.

Оптимальное вложение средств в комплекс агромелиоративных мероприятий будет зависеть от площади мелиорируемых земель, состава комплекса m_j , определяемого существующей потребностью этих земель в видах мелиораций и природными характеристиками сельскохозяйственных угодий. Некоторый вариант комплексных мелиораций (совокупность состава m_j и интенсивностей мелиоративных факторов $\{x_i\}$) на единичной площади мелиорируемого участка с однородными природными характеристиками (идентичной агромелиоративной характеристикой) представим вектором:

$$\rho^{m_j} = \left(x_1^{m_j}, x_2^{m_j}, \dots, x_n^{m_j} \right) \quad (1)$$

где $x_n^{m_j}$ – интенсивность n -го вида мелиорации входящего в комплекс m_j .

Под интенсивностью агромелиоративных факторов будем понимать дозы вносимых минеральных и органических удобрений, извести, частоту закладки дрен и состав культуртехнических работ.

Состав комплекса m_j по видам мелиорации представлен единичным вектором $m_j = \{m_{j1}, m_{j2}, \dots, m_{jn}\}$. $m_{ji} = 1$, если i -й фактор входит в состав комплекса m_j ; $m_{ji} = 0$, если i -й фактор в составе комплекса m_j отсутствует.

Для комплекса, состоящего из n факторов, общее число вариантов состава комплекса, будет равно числу сочетаний из n факторов: $m_j \in \{m_1, m_2, \dots, m_j, \dots, m_c\} = M$, где c – число всех возможных сочетаний. Тогда для 5 факторов общее число вариантов будет равно сумме числа сочетаний из 1, 2, ..., 5, т. е.:

$$c = C_n = C_n^1 + C_n^2 + \dots + C_n^n = C_5^1 + C_5^2 + C_5^3 + C_5^4 + C_5^5 = 5 + 10 + 10 + 5 + 1 = 31.$$

Для любого заданного объема затрат и состава комплекса m_j находятся такие интенсивности мелиоративных факторов, которые (в рамках всех выше-названных условий и ограничений) обеспечивают получение максимального прироста индекса почвенного плодородия (урожайности этого участка). На этом этапе оптимизируется интенсивность агромелиоративных факторов для

заданного состава комплекса. Эта задача будет решаться с помощью эколого-экономической модели.

Мелиорируемые земли региона разбиваются на ряд P однородных (по почвенным и природным условиям) территорий. Площадь такого вида мелиорируемых земель, имеющих k -ую окультуренность и l -ый механический состав, обозначим через $s^g = s_{kl}$ так, что:

$$\sum_{g=1}^P s^g = S, \quad (2)$$

где s^g – площадь g -го участка, имеющего k -ую окультуренность и l -ый механический состав, P – число однородных участков мелиорируемой территории, S – общая площадь мелиорируемых земель региона.

Комплекс мелиоративных мероприятий m_j , реализуемых в течении одного года t на отдельной однородной площади g , имеющей k -ую окультуренность и l -ый механический состав, зададим вектором интенсивностей мелиоративных факторов

$$x_t^{g m j} = \begin{pmatrix} m_j & m_j & \dots & m_j \\ x_{1t} & x_{2t} & \dots & x_{nt} \end{pmatrix}. \text{ Зададим закон однозначного со-}$$

ответствия затрат (q_i^g) на реализацию i -го вида мелиорации интенсивностью

$x_{it}^{g m}$ на единице площади участка за год $q_{it}^{g m} = f_{i3}(x_{it}^{g m})$ для любого агро-мелиоративного комплекса. Тогда структуру затрат по видам мелиораций представим

аналогичным вектором в виде: $q_t^{g m} = \begin{pmatrix} q_{1t}^{g m} & q_{2t}^{g m} & \dots & q_{nt}^{g m} \end{pmatrix}$, где $q_t^{g m}$ – вектор затрат по видам мелиораций на единицу площади за один год.

Общие затраты $Q_t^{g m j}$ на реализацию комплексной мелиорации m_j всей площади g за год t можно рассчитать как сумму затрат по видам мелиораций:

$$Q_t^{g m j} = s^g \cdot \sum_{i=1}^n q_{it}^{g m j} \quad (3)$$

При решении задачи оптимального распределения затрат по видам мелиораций, входящих в комплекс m_j , предполагается, что агро-мелиоративное состояние земель a_i^g (параметры почвы) на момент времени t известно. Тогда задачу максимизации экономического эффекта от объема выделенных на мелиорацию средств на весь проектный период T (период реализации проекта) для всей площади S мелиорируемых земель, разделенной на однородные участки g , запишем в виде:

$$\begin{aligned} \mathcal{E} &= \sum_{t=1}^T \mathcal{E}_t = \sum_t (R_t - 3_t) \frac{1}{(1+E)^{t-1}} = \\ &= \sum_t \left\{ \sum_{g=1}^P s^g \cdot \left[A^g \left(\begin{matrix} \rho_t^{g m_j} \\ a_t^g \end{matrix} \right) \cdot z_{np} - \rho_t^g \right] \right\} \cdot \frac{1}{(1+E)^{t-1}} \rightarrow \max; \\ \sum_{g=1}^P \sum_{i=1}^n q_{it}^{g m_j} \cdot s^g &\leq Q_t; \quad \sum_{g=1}^P s^g \leq S; \quad \mathcal{E}_t \geq 0; \quad \sum_{j=1}^P s^{g m_j} \cdot m_{ji} \leq S_i; \quad (4) \\ q_{it}^g &\in \left\{ 0, \left[\underline{q}_{it}^g, \bar{q}_{it}^g \right] \right\}; \quad x_{it}^g \in \left\{ 0, \left[\underline{x}_{it}^g, \bar{x}_{it}^g \right] \right\}; \quad a_{ht}^g \in \left\{ 0, \left[\underline{a}_{ht}^g, \bar{a}_{ht}^g \right] \right\}; \\ l &\in L; k \in K; t \in T, h \in H, n \in N \quad N = \{1, 2, \dots, i, \dots, n\}, \quad m_j \in M \end{aligned}$$

где $A^g \left(\begin{matrix} \rho_t^{g m_j} \\ a_t^g \end{matrix} \right)$ – закон соответствия между вектором $\left(\begin{matrix} \rho_t^{g m_j} \\ a_t^g \end{matrix} \right)$ и приростом индекса почвенного плодородия (прибавка урожайности выращиваемой культуры) на землях g -го участка, k -ой окультуренности, l -ого механического состава за счет реализации m_j -го комплекса (закон соответствия отображается с помощью эколого-экономической модели); z_{np} – цена реализации растениеводческой продукции; $\rho_t^{g m_j}$ – вектор затрат по видам мелиораций, входящих в комплекс m_j ; $\underline{q}_{it}^g, \bar{q}_{it}^g$ – верхние и нижние ограничения затрат на осуществление i -го вида мелиорации, обусловленные технологическими и экологическими требованиями, а также почвенно-гидрогеологическими характеристиками поля; E – социальная норма дисконта $E = 0,06$; T – период реализации проекта; \underline{a}_{ht}^g – вектор агрохимических и агрофизических параметров состояния мелиорируемых земель в условиях года t (вегетационного периода), H – множество параметров описания состояния почв; S_i – установленные потребности региона в i -м виде мелиорации. Q_t – объем средств выделяемый на мелиорацию в год t .

Решение задачи разбивается на три этапа. На первом этапе определяется множество оптимальных решений для единицы площади однородного по почвенным характеристикам участка на год, на втором этапе – то же для всего проектного периода и на третьем – размещение выбранных, наиболее эффективных вариантов комплексных мелиораций по площадям.

Пусть в результате решения сформулированной задачи (4) найдем оптимальные значения затрат на реализацию оптимального m_j -го комплекса мелиорации для каждого g участка и оптимальные x_i -е интенсивности факторов мелиорации, т.е. оптимальный состав комплексных мелиораций и интенсивностей агромелиоративных мероприятий.

Найденные оптимальные объемы затрат $q_t^{*g m_j}$ на комплексную мелиорацию единицы площади мелиорируемых земель g за год t , определяют значе-

ния интенсивностей факторов $x^{g m_j}$ с учетом всех экономических, экологических, технологических ограничений и характеристик состояния мелиорируемых земель и, следовательно, определяют оптимальный объем средств и их распределение (по видам мелиораций) на комплексные мелиорации m_j состава.

Оптимальные значения затрат, распределенных по видам мелиораций для m_j -го комплекса, представим в виде функции от интенсивности агрономелиоративных факторов и содержащихся в модели ограничений, т.е.:

$$\varepsilon_t^{*g m_j} = \varepsilon_t^{g m_j} \left\{ \rho_t^{*g m_j} \right\} = A^g \left\{ q^{g m_j} \left(x_t^{*g}, s^g, q_{jk}, \bar{q}_{jk}, a_{ht}^g, \bar{a}_{ht}^g \right) \cdot z_{np} - Q_t^{g m_j} \right\}$$

$$\text{или } \varepsilon_t^{*g m_j} = B^{g m_j} \left(Q_{1t}^{g m_j} \right) = B^{g m_j} \left(\rho_t^{*g m_j}, \rho_{ht}^{g m_j} \right) = B_t^{g m_j} \left(x_t^*, \rho_t^{g m_j} \right), \quad (5)$$

где $\varepsilon_t^{g m_j}$ – максимальный экономический эффект, получаемый с единицы площади g -го участка в результате реализации m_j -го комплекса за год при вложении в мелиорацию этой площади средств в объеме $Q_t^{g m_j} = \sum_{i=1}^n q_{it}^{*g m_j}$,

$B_t^g(Q_{1t}^g) = B_t^{g m_j} \left(x_t^*, \rho_t^{g m_j} \right)$ – функция оптимального распределения затрат по видам мелиораций. Значком (*) обозначены множества значений переменных и функций, удовлетворяющих оптимальному решению.

Функция максимального прироста индекса почвенного плодородия B_t^g g -ого участка от произвольной величины затрат на комплексные мелиорации $Q_t^{g m_j}$ (при условии оптимального использования выделенных средств на мелиорацию) далее используется для поиска максимального экономического эффекта от вложения средств в мелиорацию всей площади g -го участка.

Данная функция реализуется с помощью эколого-экономической модели, структура которой представлена на рисунке 1.

Одним из наиболее важных свойств эколого-экономической модели является возможность расчета параметров нового состояния почвы на год $t+1$ при воздействии мелиоративных факторов, заданных произвольным образом в определенных моделью границах, т.е. $\rho_{t+1}^{g m_j} = f_s \left(\rho_t^{g m_j}, x_t^{g m_j} \right)$, при

$$x_{it} \in [0, (x_i, \bar{x}_i)].$$

Для определения оптимального состава комплекса мелиораций и интенсивностей агрономелиоративных факторов для участка g за весь проектный период T используется оптимизационная модель (4), в которую введена функция B_t^g и

$$\rho_{t+1}^{g m_j} = f_s \left(\rho_t^{g m_j}, x_t^{g m_j} \right):$$

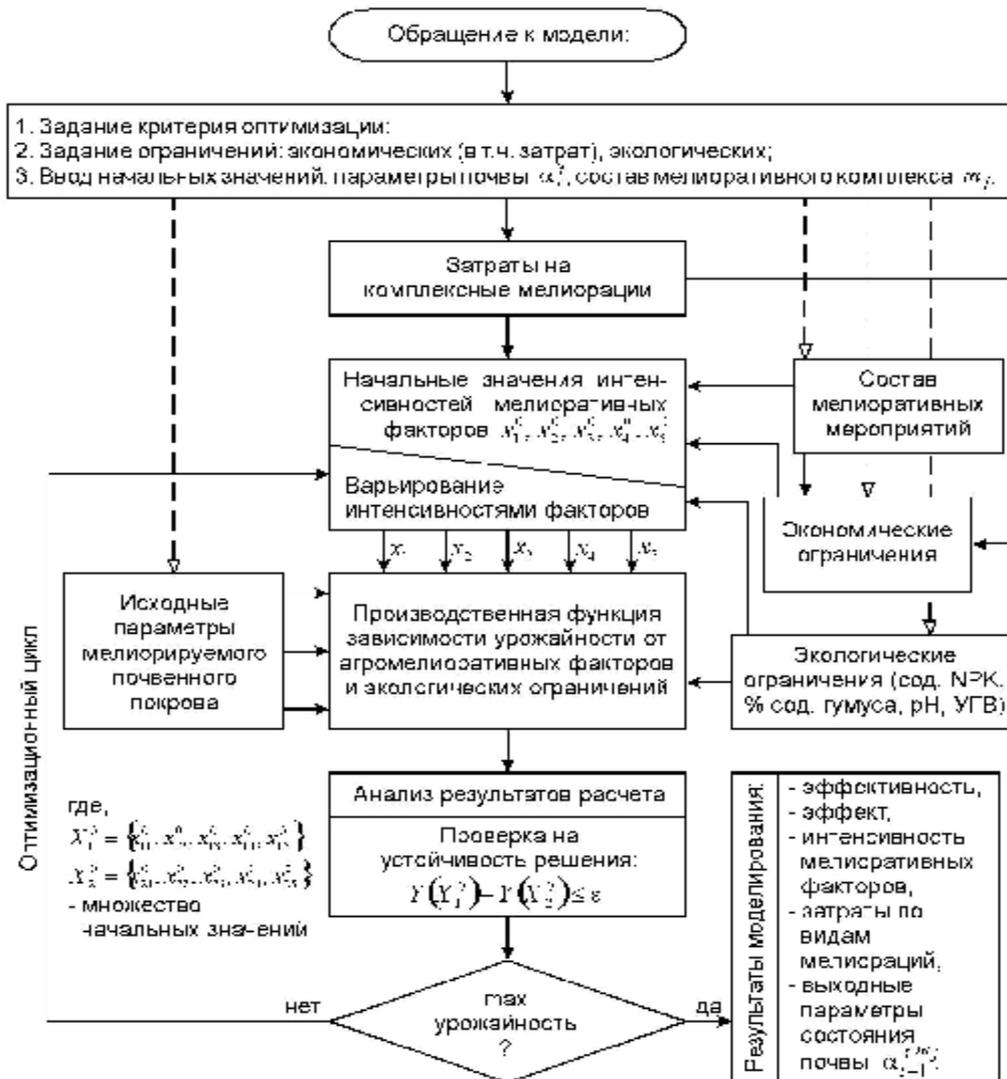


Рисунок 1 - Структура эколого-экономической модели комплексной мелиорации земель

$$\begin{aligned}
 \mathcal{E}_{0T}^{gmj} &= \sum_{t=1}^T \left[B_t^{mj} \left(Q_{0t}^{gmj}, \rho_t \right) \right] \cdot \frac{1}{(1+E)^{t-1}} \rightarrow \max; \\
 \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T Q_{0t}^{gmj} &\leq \text{const}; \quad Q_{0t}^{gmj} \leq C_t; \\
 \rho_t &= (a_{1t}^{g0}, a_{2t}^{g0}, \dots, a_{nt}^{g0}); \\
 \rho_{t+1} &= f_s \left(\rho_t, x_i^{gmj} \right); \quad a_{ht}^g \in \left\{ 0, \left[\underline{a}_{ht}^g, \bar{a}_{ht}^g \right] \right\}; \\
 x_t^g &\in \left\{ 0, \left[\underline{x}_t^g, \bar{x}_t^g \right] \right\}; \\
 m_j &\in M; \quad g \in P; \quad h \in H;
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

где $Q_{0t}^{gm_j}$ – ежегодные затраты на комплексные мелиорации m_j -го состава на единицу площади (га) g -ого участка, $\bar{x}_i^{*gm_j}$ – вектор оптимальных интенсивностей факторов мелиорации m_j -го комплекса. Индексом (0) обозначены множества значений переменных и функций, определяемых на единицу площади (га).

Результатом решения этой задачи являются оптимальные средние ежегодные затраты на комплексные мелиорации по видам агрономелиоративных работ, обеспечивающие наиболее эффективное повышение почвенного плодородия. Заданная таким образом функция оптимального использования инвестированных средств связывает совокупность частных ежегодных эколого-экономических решений с общим критерием оптимизации комплекса факторов мелиорации на проектный период. Аргументом этой функции по годам является величина ежегодных инвестиций на реализацию m_j -го комплекса, обеспечивающая максимум ЧДД с единицы площади ($\mathcal{E}_{0T}^{*gm_j}$) с учетом ограничений на динамику инвестиций ($Q_i^{*gm_j}$):

$$\mathcal{E}_{0T}^{*gm_j} = \sum_{t=1}^T B_t^{*gm_j} \left[Q_{0t}^{*gm_j} \left(x_t^{*gm_j} \right) \right] = D_0^{gm_j} \left[Q_{0t}^{*gm_j} \left(x_t^{*gm_j} \right) \right] \quad (7)$$

$$m_j \in M, \quad g \in P,$$

где $D_0^{gm_j}$ – максимальный экономический эффект за весь период проекта T , полученный от проведения комплексных мелиораций m_j -го состава, $Q_t^{*gm_j}$ – затраты, необходимые для реализации m_j -го комплекса.

Определенная оптимизационной задачей (6) функция D (7) реализуется экономико-математической моделью, представленной на рисунке 2.

Таким образом обеспечивается возможность расчета оптимального плана распределения средств по видам мелиораций на весь проектный период для m_j -го состава комплекса, реализуемого на единице площади (га) g -ого участка. Оптимизационная модель распределения средств на комплексные мелиорации всего региона задается аналогичным образом. При этом необходимо учитывать ограничения: по выделенным ежегодным инвестициям на мелиорации Q_t (из федерального и регионального бюджетов) и общим инвестициям на проект (Q); по площадям различных видов почв мелиорируемых земель (для всех g), а также по площадям, нуждающимся в различных видах мелиоративных мероприятий:

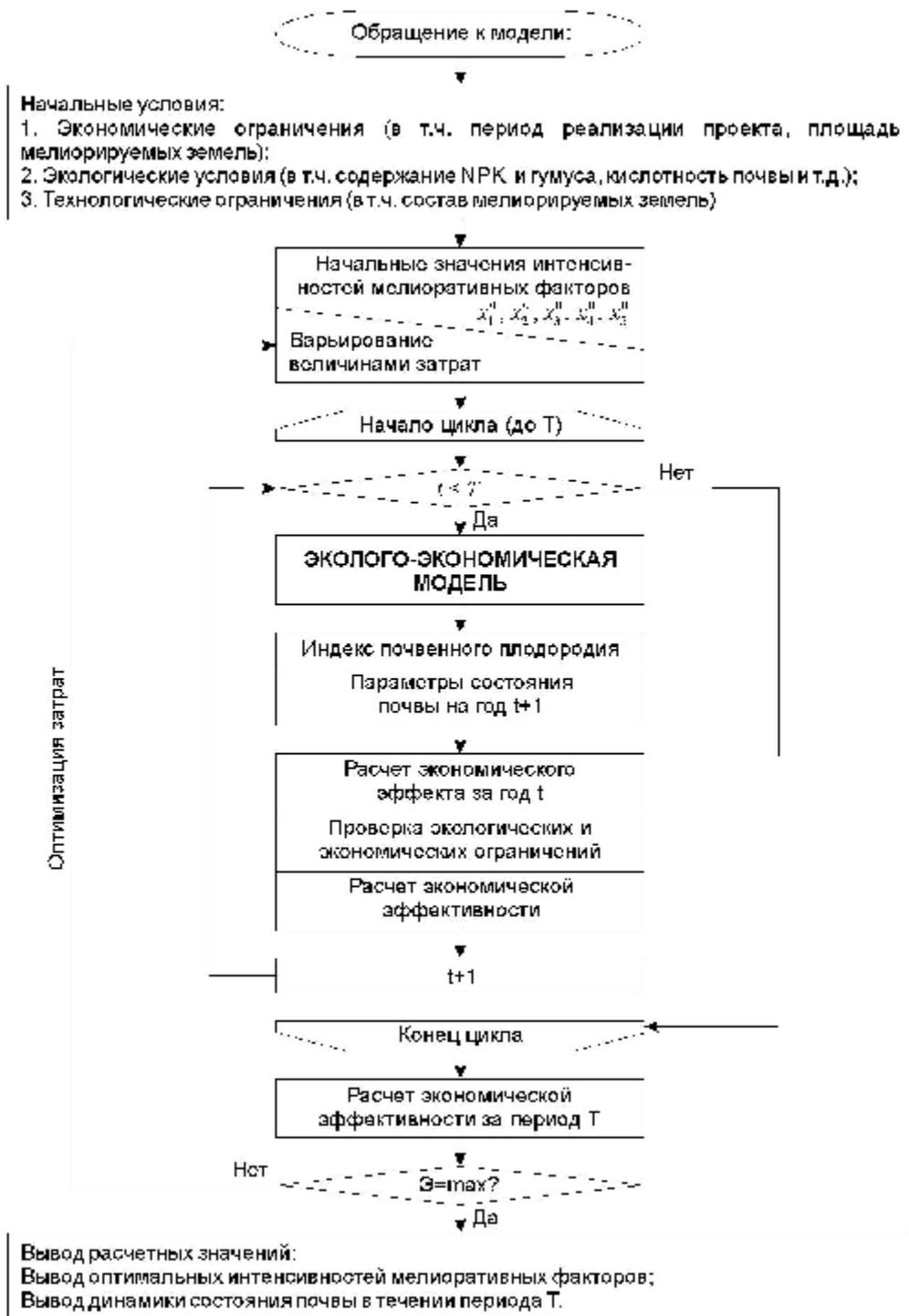


Рисунок 2 - Экономико-математическая модель максимизации экономического эффекта на единице площади с определенными агро-мелиоративными параметрами почв и составом комплексных мелиораций.

$$\begin{aligned}
 \text{ЧДД} &= \sum_g^P s^g \cdot D_0^{g m_j} (Q_t^g) \Rightarrow \max; \\
 \sum_{t=1}^T \sum_{g=1}^P Q_t^{g m_j^*} \cdot s^g &\leq \sum_{t=1}^T Q_t \leq Q, \quad \sum_{g=1}^P s^g m_j \cdot m_{ji} \leq S_i,
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

где Q_t – инвестиции на год t , m_j^* – оптимальный состав мелиоративного комплекса для g -ого участка, m_{ji} – скаляр вектора состава мелиоративного комплекса i -го вида мелиоративного мероприятия (равный 0 или 1); S_i – площадь земель всего региона, нуждающаяся в i -м виде мелиорации; Q – общая сумма инвестированных на мелиорацию средств. Условием максимизации является равенство $D_0^{g m_j} (Q_i^g)$ для всех g .

Таким образом, наличие производственной функции, обеспечивающей связь индекса почвенного плодородия с составом и интенсивностями агро-мелиоративных факторов является необходимым условием для создания эколого-экономической и экономико-математической моделей. В свою очередь модели обеспечат возможность получать оптимальные решения по распределению затрат по видам мелиораций за год и весь проектный период и рассчитывать значения максимальной эффективности вложения средств для любых (по составу) вариантов комплексной мелиорации отдельных групп почв.

Представленный методический подход позволяет выявить наиболее актуальные для региона агро-мелиоративные комплексы с их привязкой к различным по агро-мелиоративным характеристикам землям, учесть зональные экологические ограничения, а также оценить затраты на реализацию комплекса по существующим рыночным ценам. Важным аспектом предложенного подхода является то, что затраты рассчитываются для оптимальных по интенсивностям входящих в комплексы агро-мелиоративных факторов, что обеспечивает максимум ЧДД выделяемых инвестиций.

Литература

1. Данильцев А.В., Данилова Е.В., Захаров А.В. и др. Основы торговой политики и правила ВТО. – М.: Изд.: Международные отношения, 2005. – 445 с.
2. Дмитриев В.С. Экономика мелиорации земель. – М.: Экономика, 1984. – 136 с.
3. Лисоволик Н.Н. Актуальные проблемы присоединения России к ВТО. – М.: «Экономика», 2002. – 383 с.
4. Пегов С.А., Хомяков П.М. Моделирование развития экологических систем. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1991. – 224 с.
5. Руководство по программированию урожаев / Сост. И.С.Шатилов, А.И.Столяров. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 151 с.
6. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений. – М.: Наука, 1978.
7. Экономика мелиорации земель нечерноземной зоны РСФСР / Сост. Л.З. Андреева. – Лениздат, 1978. – 288 с.