

Мелиорация и рекультивация, экология

УДК 502/504:631.6:628.1

И. П. Айдаров, академик Россельхозакадемии

ПРОБЛЕМЫ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

В результате деградационных процессов из сельскохозяйственного оборота ежегодно выходит более 14 млн га пашни. В соответствии с многовариантным сценарием изменения сельского хозяйства в будущем, при сохранении существующего состояния земледелия и орошения, производство продовольствия к 2030 г. упадет до уровня 1900 г., а состояние сельскохозяйственных угодий ухудшится. Эти опасные тенденции и прогнозы изменения состояния биосферы требуют проведения интенсивных исследований проблем сельского хозяйства и мелиорации, обеспечивающих не только рост производства продовольствия, но и сохранение биосферы.

As a result of degradation processes annually more than 14 mln ha of arable lands become not usable in the agricultural turnover. In accordance with the multivariable scenario of the agricultural industry changing in future under maintaining the present state of land farming and irrigation the food production will have dropped up to the 1990 level by 2030, and the condition of agricultural arable lands will have become worse. These dangerous trends and forecasts of the biosphere state changing need carrying out of intensive investigations of farming and reclamation problems which will provide both food production growth and biosphere conservation.

Потребление природных ресурсов в результате хозяйственной деятельности только за период с 1900 по 2000 гг. возросло более чем за всю историю цивилизации. В системе международного географического разделения труда развитые страны выступают основными потребителями, а развивающиеся — производителями сырьевых ресурсов, хотя наличие или отсутствие собственных природно-сырьевых ресурсов в условиях современного мирового хозяйства не

является решающим фактором в развитии страны. Часто именно для стран, богатых природными ресурсами, характерна природная расточительность. К началу 70-х гг. XX века экстенсивные факторы развития мировой экономики в основном себя изжили, рост потребления ресурсов значительно превысил их возобновление. Кроме того, актуальными стали экологические проблемы.

Основой живой природы и производства продовольствия являются почвы.

В настоящее время структура земельных ресурсов планеты (без Антарктиды и Гренландии) выглядит следующим образом [1]: 1 450 млн га (11 %) — обрабатываемые земли (пашня, сады); 3 100 млн га (23 %) — естественные луга и пастбища; 4 000 млн га (30 %) — леса и кустарники; 450 млн га (2 %) — населенные пункты, промышленные и другие объекты; 4 400 млн га (34 %) — малопригодные и непродуктивные земли. Казалось бы, есть еще возможность расширения пахотных земель. Однако, по оценкам экологов, предельные площади пашни не должны превышать 1 500 млн га, а это означает, что все доступные резервы пахотных земель человеком практически уже использованы, и дальнейшая распашка приведет к резкому усилению экологического кризиса [2]. К этому следует добавить, что во многих странах мира площади пахотных земель в результате урбанизации и деградации уменьшаются. И если в развитых странах рост урожайности и продуктивности сельского хозяйства компенсирует убыль земель, то в развивающихся странах картина обратная. В соответствии с прогнозом в 2030 г. площадь пашни в мире снизится с 0,10 до 0,08 га/чел. [3, 4]. Основные причины уменьшения площади пахотных земель: развитие деградационных процессов (эрозия, дефляция, засоление, опустынивание) и увеличение численности населения в мире. В результате деградации из сельскохозяйственного оборота ежегодно выходит более 14 млн га пашни [5]. Здесь уместно отметить, что за всю историю развития цивилизации уничтожено около двух миллиардов гектаров плодородных земель, т.е. больше, чем площадь современных сельскохозяйственных угодий мира. Основные причины уничтожения плодородных земель: водная эрозия — 56 %; дефляция — 28 %; засоление — 12 %; физическая деградация — 4 % [6].

В настоящее время на планете лесами занято около 4000 млрд га площадей, в том числе: в Европе — 141; Северной Америке — 733; Южной

Америке — 1 033; Африке — 753; Азии — 520; СНГ — 910 млрд га. За последние 200 лет площади лесов уменьшились в 2 раза [1].

В течение длительного времени сокращение площадей лесов не создавало проблем, но в последние годы этот процесс стал негативно влиять на экономическое и особенно экологическое состояние многих стран мира. В Южной Америке, например, где за последние 20 лет площади обрабатываемых земель увеличились в 2 раза за счет вырубки лесов, уничтожено лесов больше, чем за предыдущие 400 лет.

Наиболее распространенные показатели биосферного значения территорий и общего воздействия на окружающую среду — это биологическая емкость и экологический след. Показатель биологической емкости показывает, сколько гектаров земель средней биологической продуктивности приходится на человека. В среднем для мира он составляет 1,8 га/чел. Экологический след характеризует потребное количество гектаров земель на человека с учетом снижения продуктивности территорий в результате хозяйственной деятельности. Поскольку снижение продуктивности в настоящее время составляет около 22 %, экологический след можно вычислить так: $1,8 \cdot 1,22 = 2,2$ га/чел. [6]. Таким образом, экологический дефицит, равный 0,4 га/чел., означает, что природопользование в мире не отвечает требованиям устойчивого развития.

Запасы пресной воды на планете составляют около 40 000 км³: Европа — 3 200, Азия — 14 400, Африка — 4 000, Австралия — 400, Северная Америка — 6 440, Южная Америка — 9 530, Аравийский полуостров — 15,3, Западная Азия — 95,2 км³ [5]. Общий объем водопотребления в мире за сто лет (1900–2000) возрос с 580 до 3 980 км³ (при снижении объема безвозвратного водопотребления с 57 до 54 % и увеличении объема загрязненных возвратных вод и водных ресурсов) [7]. Эти данные свидетельствуют о не-

рациональном использовании водных ресурсов. Во многих странах мира имеющиеся водные ресурсы находятся на грани исчерпания. В последнее время обнаружилась опасная тенденция сокращения водных ресурсов и увеличения частоты и продолжительности засух. По данным Д.Я. Ратковича, сокращение годового стока рек в России под влиянием хозяйственной деятельности составило 43 км^3 , или $1,6 \%$ от годового стока крупных рек страны. Аналогичные процессы наблюдаются во многих странах мира [8, 9].

Сельское хозяйство (включая и мелиорацию) является, с одной стороны, основой решения продовольственной проблемы, с другой — одним из основных факторов, определяющих состояние окружающей среды. И в том и в другом качестве сельское хозяйство влияет на социально-экономические и экологические условия существования человечества. XX век с полным основанием можно назвать веком химизации и орошения земель. Благодаря этим двум мероприятиям за последние 100 лет во всех регионах мира продукция сельского хозяйства выросла в несколько раз. Мировое потребление минеральных удобрений увеличилось более чем в 10 раз. Расширились площади орошаемых земель с 48 млн га в 1900 г. до 278 млн га в 2000 г. Применение высоких доз минеральных удобрений, особенно в странах с низкой культурой земледелия, привело к загрязнению почв, водных ресурсов и, что особенно опасно, продовольствия. Все это негативно отражается на здоровье людей. Развитие орошения, в свою очередь, сопровождается исчерпанием и загрязнением водных ресурсов, засолением и подтоплением земель. В настоящее время из 278 млн га орошаемых земель $100...120 \text{ млн га}$ ($35...40 \%$) подвержены вторичному засолению и подтоплению. Ежегодно из сельскохозяйственного оборота в мире выбывает около 10 млн га орошаемых земель. Объем продукции, получаемой с ороша-

емых земель, с 1960 по 2000 гг. снизился с 50 до 40 %.

В настоящее время имеется достаточно много прогнозов развития сельского хозяйства. По прогнозу ФАО, к 2030 г. будет распахано дополнительно 57 млн га в Африке и 41 млн га в Южной Америке. К 2050 г. на душу населения в развивающихся странах будет приходиться не более $0,06...0,08 \text{ га}$ пахотных земель (рис. 1, 2) [3, 4].

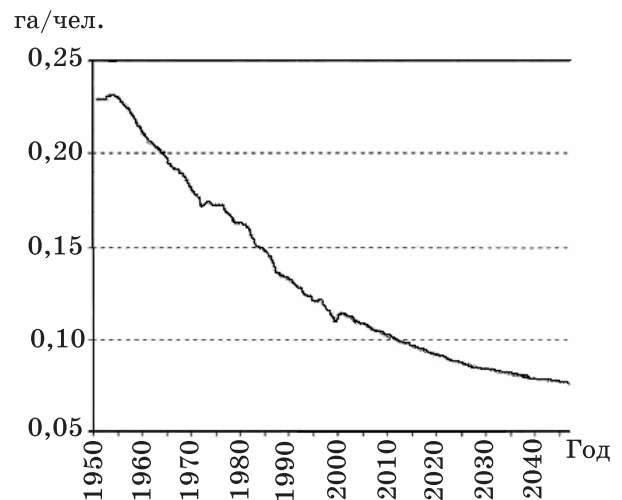


Рис. 1. Площадь пашни на душу населения. 1950–2050 гг.

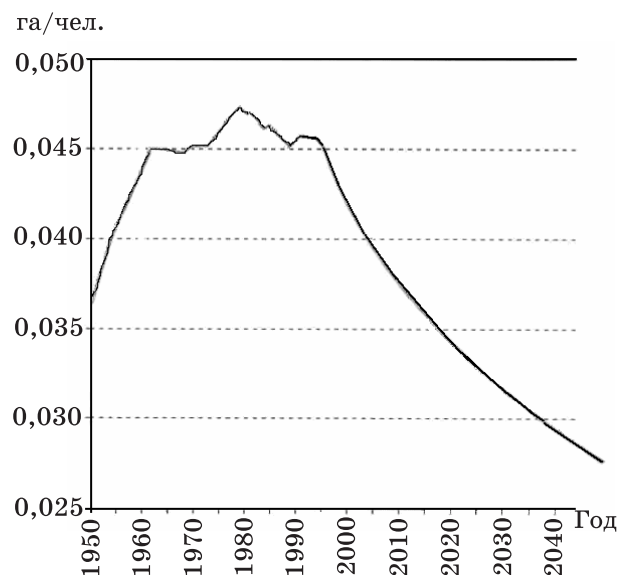


Рис. 2. Орошаемые земли на душу населения. 1950–2050 гг.

В соответствии с многовариантным сценарием изменения сельского хозяйства в будущем, при сохранении существующего состояния земледелия и орошения, производство продоволь-

ствия к 2030 г. снизится до уровня 1900 г., а экологический след (ухудшение состояния сельскохозяйственных угодий) увеличится [10]. Эти опасные тенденции и прогнозы изменения состояния биосферы требуют проведения интенсивных исследований проблем сельского хозяйства и мелиорации, разработки новых прогрессивных технологий земледелия и мелиорации, обеспечивающих не только рост производства продовольствия (с учетом снижения удельных площадей обрабатываемых и орошаемых земель), но и сохранение биосферы.

Настоящая статья посвящена анализу современного состояния и проблем мелиорации земель и водопользования и путей дальнейшего их развития. Приведенные в статье материалы представляют несомненный интерес и для России.

Характеризуя общую направленность современных путей решения проблем мелиорации, следует отметить, что в последние годы в мире происходит смена концепций: от охраны природных ресурсов к устойчивому управлению биогеохимическими процессами. А это, по большому счету, означает, что увеличение производства продуктов питания должно одновременно сопровождаться снижением нагрузки на природную среду. Задача чрезвычайно сложная, тем более что в мире еще сильны традиционные подходы к природопользованию, особенно в развивающихся странах, где вообще отсутствуют необходимые для этого социально-экономические условия.

По прогнозам ФАО, к 2030 г. необходимо удвоить производство продовольствия, в связи с чем предусматривается увеличение площадей обрабатываемых земель по 15 млн га в год и орошаемых земель до 350 млн га. Рост площадей обрабатываемых и орошаемых земель должен произойти в основном в Южной Америке, Африке, Азии; в остальных регионах площади обрабатываемых земель несколько снизятся [3]. Снижение площадей обрабатываемых земель в развитых странах объясняется ограни-

ченностью земельных ресурсов, перепроизводством сельскохозяйственной продукции и необходимостью улучшения экологической обстановки.

В мире сельским хозяйством, лесами и поселениями занято 95 % земель, пригодных для обитания. Степень распашки территорий в большинстве регионов мира практически достигла предельных значений (40 %), а в ряде стран и превысила их: США — 28, Европа — 10...50 (в среднем 30), Индия — 70, Китай — 75, Россия (Центральный Черноземный район, Северный Кавказ) — 60...70 % [2, 6]. В результате в большинстве регионов наблюдается интенсивное развитие деградиционных процессов (эрозия, засоление, переувлажнение и др.). За последние 40 лет из сельскохозяйственного оборота исключено более 30 % пахотных земель, а более 20 % находятся в неудовлетворительном состоянии. Только в Китае и Индии площади эродированных земель составляют 6,5 млн га [11, 12]. Такова цена современной культуры земледелия. Порочный круг, вызванный уменьшением земельных ресурсов, все более сужается.

Дальнейшее увеличение площадей пахотных земель в мире (свыше 1,5 млрд га) возможно только за счет вырубки лесов и, по мнению экологов, недопустимо, так как ставит под угрозу существование биосферы. При этом речь идет не только о тех ресурсах, которые используются для производства продовольствия и имеют экономическую ценность (почвы, леса). Под угрозой будут находиться и другие ресурсы планеты (климат, биологическое разнообразие), без чего жизнь на земле невозможна. Наглядным примером нарушения экологического равновесия является Центрально-Черноземный район России, где распашка 60...70 % территории и резкое снижение биоразнообразия привела к беспрецедентному размножению мелких грызунов, развитию эпидемий, опасных заболеваний людей и потере урожая.

Таким образом, речь может идти только о сокращении (или сохранении) существующих пахотных земель. В США, например, принят ряд государственных программ, предусматривающих консервацию почв (площади пахотных земель только в последние годы уменьшились более чем на 20 млн га) [13]. Аналогичная тенденция снижения площадей пахотных земель наблюдается и в европейских странах [6, 14]. Снижение площадей пахотных земель в развитых странах связано с перепроизводством сельскохозяйственной продукции и заботой о сохранении экологического равновесия, в России этот процесс объясняется развалом агропромышленного комплекса и идет стихийно.

О химизации сельского хозяйства. Еще в 50–60 гг. прошлого века она считалась одним из основных факторов увеличения производства продовольствия. Эффективность химизации и других мероприятий в увеличении объема продовольствия оценивали следующим образом: минеральные удобрения и пестициды — 90...95 %, орошение земель — 5...10 % [15]. В настоящее время отношение к химизации сельского хозяйства изменилось, считается, что ин-

тенсивная химизация сельского хозяйства наносит большой ущерб природной среде и человеку. Чрезмерное применение минеральных удобрений и пестицидов способствует деградации почв, загрязнению водных ресурсов и сельскохозяйственной продукции. Сегодня уже хорошо известно, что химизация вызывает нарушение экологического баланса и порождает новые непредвиденные сложности. Зеленая революция, основанная на применении высокоурожайных сортов растений, резком увеличении энерговооруженности и широком применении минеральных удобрений в сельском хозяйстве, позволила увеличить производство продовольствия. Однако, как все революции, в том числе и в сельском хозяйстве, она обернулась резким усилением деградационных процессов, нарушением устойчивости экосистем и серьезными заболеваниями населения. В связи с этим в развитых странах мира прослеживается четкая тенденция снижения уровня химизации и перехода на альтернативное (органическое) земледелие. В табл. 1 приведены данные о применении минеральных удобрений в различных регионах мира [16].

Таблица 1

Применение минеральных удобрений в регионах мира, кг/чел.

Регион	Год							Прогноз на 2010 год
	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	
Северная Америка	75	80	90	85	75	72	70	65
Европа	55	60	65	70	70	45	30	25
Южная Америка	5	5	5	6	7	8	9	15
Африка	10	11	12	14	15	17	20	25
Азиатско-Тихоокеанский	8	8	9	10	11	16	20	30
Россия	30	35	40	50	60	11	12	60
Мир в целом	20	20	22	25	25	24	23	20

В целом минеральных удобрений и пестицидов в мире применяют меньше, однако в развивающихся странах и в России, по прогнозу, этот показатель увеличивается, что приведет к дальнейшему ухудшению экологической обстановки и здоровья людей [17].

В качестве альтернативы традиционному земледелию в настоящее время

предлагается так называемое органическое (биологическое) земледелие, основанное на минимальном использовании химических удобрений [3, 11, 12]. Если в 1980 г. альтернативное (органическое) земледелие было внедрено в Европе и США на площади 1 млн га, то в 2000 г. — уже на 30 млн га. Из этого следует, что роль химизации сельского

хозяйства как одного из основных факторов увеличения производства продовольствия, по-видимому, будет снижаться.

На протяжении XX века снижение обеспеченности земельными ресурсами компенсировалось приростом орошаемых земель, на которых производство продовольствия было более эффективным. Площади орошаемых земель в мире особенно резко возрастали в период 1950–2000 гг. (табл. 2). При этом темпы прироста орошаемых земель в развитых странах, начиная с

1980 г., снизились, что объясняется, с одной стороны, перепроизводством сельскохозяйственной продукции, с другой — стремлением снизить нагрузку на природную среду. В развивающихся странах (за исключением республик Центральной Азии) высокие темпы прироста орошаемых земель сохранялись до 2000 г., несмотря на ограниченность водных ресурсов и ухудшение состояния природной среды, что объяснялось необходимостью увеличения производства продовольствия. В респуб-

Таблица 2

Площади орошаемых земель в мире по годам, млн га

Страна, регион	Год									Перспектива 2030 года
	1800	1900	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2005	
Западная Европа	–	–	2	5	6	7	8	9	10	10
Восточная Европа	–	–	1	3	5	6	7	8	9	10
США	–	–	15	18	20	24,4	23,4	25,2	25,5	26
Китай	–	–	20	24	32	44	55	65	80	90
Индия	–	–	26	29	44	68	80	90	95	100
Южная Америка	–	–	3	6	8	9	10	18	20	30
Африка	–	–	1	2	3	5	10	15	18	26
Западная и Центральная Азия	–	–	10	25	30	31	32	33	34	38
Азиатско-Тихоокеанский регион	–	–	8	1Ц	12	13	14	15	16	20
Мир в целом	8,1	48	86	122	160	207,4	239,4	278,2	308	350

ликах Центральной Азии (Узбекистан, Казахстан, Таджикистан, Туркмения, Киргизстан) резкое снижение темпов прироста орошаемых земель было связано с исчерпанием водных ресурсов и ухудшением мелиоративного состояния орошаемых земель (табл. 2, 3) [18].

В настоящее время доля орошаемых земель на разных континентах на фоне общей картины площадей пахотных земель выглядит так, как представлено в табл. 3.

Развитие орошения земель позволило существенно увеличить производство продовольствия; в период с 1960 по 2000 гг. объем сельскохозяйственной продукции в мире увеличился в 1,5 раза. Однако общий объем сельскохозяйственной продукции не отражает действительного положения

Таблица 3

Площади орошаемых земель по странам мира, % от площадей пахотных земель

Страна	Площадь орошаемых земель, %	Страна	Площадь орошаемых земель, %
США	11	Вьетнам	10
Китай	63	Судан	22
Япония	57	Египет	100
Ирак	53	Сомали	17
Саудовская Аравия	43	Чили	46
Иран	45	Мексика	18
Пакистан	42	Аргентина	10
Тайланд	25	Бразилия	12
Израиль	50	Испания	11
Индия	27	Италия	11
Индонезия	27	Австралия	9
Сирия	16	Россия	4
Филиппины	12	Узбекистан	90

с продовольствием в мире. Необходимо рассматривать не общий, а удельный объем продовольствия на человека, т.е. учитывать рост численности населения

в мире. Если в 1960 г. орошаемые земли составляли около 9 % от пашни и давали 50 % всей сельскохозяйственной продукции, то в 1980 г. 14 % орошаемых земель давали уже 40 %, а к 2030 г. 23 % орошаемых земель будут давать не более 35 % продукции. В целом темпы роста народонаселения в мире значительно превышают темпы прироста продовольствия, следовательно, увеличение площади орошаемых земель до 350 млн га при площади пашни 1500 млн га не решит продовольственной проблемы (рис. 3).

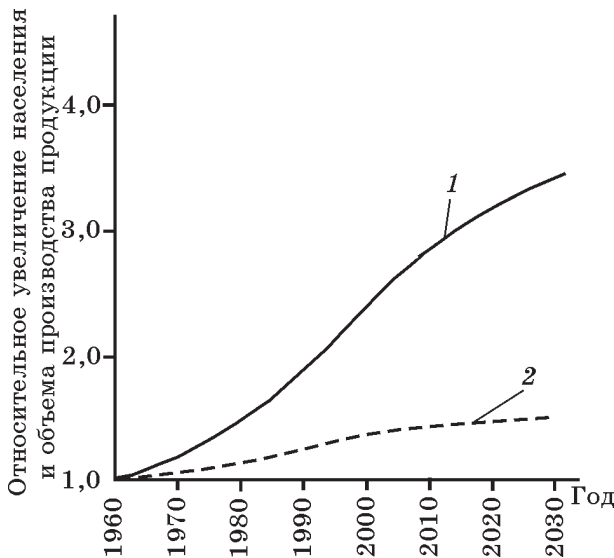


Рис. 3. Относительный рост населения (1) и производства продовольствия (2)

Рост площадей пахотных земель в мире до 2000 млн га и площадей орошения до 350 млн га позволит увеличить производство продовольствия в 1,8–2,0 раза по сравнению с 1960 г., но также не решит продовольственной проблемы. К тому же при расширении площадей орошаемых земель до 350 млн га неизбежны большие трудности, связанные с нехваткой водных ресурсов. Сегодня из 170 стран и территорий 9 используют более 100 % возобновляемых водных ресурсов, т. е. испытывают дефицит, 10 стран — 50...95 % и 16 — более 20 %. В целом используется более 55 % всех возобновляемых водных ресурсов. При увеличении площадей орошаемых земель до 350 млн га объем водопотреб-

ления возрастает примерно на 14 % по сравнению с современным, следовательно, уже не 9, а 11 стран будут испытывать дефицит водных ресурсов.

Дефицит водных ресурсов стал значимым фактором мировой политики и причиной многочисленных межгосударственных конфликтов. Общее число трансграничных рек в мире составляет 43 %. В России это Амур, Урал, Иртыш, Днепр, Самур. Наиболее серьезные проблемы возникают на реках Амур и Самур.

Однако наибольшую опасность при таком развитии событий и сохранении существующих технологий в промышленности и сельском хозяйстве будет представлять резкое ухудшение состояния биосферы. Степень нарушения экосистем и ландшафтов в мире можно оценить, используя интегральный показатель, характеризующий состояние природных систем в целом [19]:

$$X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i k_i, \quad (1)$$

где X — интегральный показатель состояния природных систем; n — число компонентов природных систем; x_i — норматив состояния компонентов (x_1 — почва, x_2 — водные ресурсы, x_3 — растительность, x_4 — атмосферный воздух, x_5 — животный мир); k_i — весовой коэффициент, отражающий относительную роль данного компонента в функционировании природных систем ($k_1 = 1$; $k_2 = 0,95$; $k_3 = 0,50$; $k_4 = 0,45$; $k_5 = 0,32$).

Значения x_i , характеризующие скорость нарастания неблагоприятных изменений компонентов, приняты по данным многочисленных публикаций: увеличение площади нарушенных земель $x_1 = 0,5$ % в год; скорость истощения и загрязнения водных ресурсов $x_2 = 3$ % в год; скорость уменьшения биоразнообразия $x_3 = 1$ % в год; скорость изменения состояния воздуха $x_4 = 2$ % в год; скорость изменения животного мира $x_5 = 2$ % в год [1–5, 7, 11, 12, 14, 19–21].

Принимая в качестве расчетного (прогнозного) срока 2030 г., получим, что состояние природных систем в мире изменится (ухудшится) с 0,65 в 2000 г. до 0,27 в 2030 г., т. е. более чем

в 2 раза. Такое состояние, в соответствии с существующей классификацией, оценивается как чрезвычайная экологическая ситуация. Таким образом, дальнейшее увеличение площади пахотных и орошаемых земель при сохранении существующих технологий в промышленности и сельском хозяйстве недопустимо.

Роль водных ресурсов в биосфере определяется тем, что вся жизнь построена на «мокрых» технологиях. Биота представлена гидрофильными организмами с очень высокими скоростями водообмена. Это означает, что загрязнения, непрерывно поступающие с водой в живые организмы, накапливаются в них. Таким образом, вся биота является своего рода фильтром, но, к сожалению, с очень небольшим резервом. Промышленные технологии в большинстве также гидрофильны.

Загрязнения водных ресурсов чрезвычайно опасны для существования биосферы. Водные ресурсы по отдельным регионам в расчете на душу населения распределены очень неравномерно и составляют, тыс. м³/чел.: Северная Америка — 29, Южная Аме-

рика — 35, Европа — 4,4, Африка — 50, Азия — 4,1, Австралия и Океания — 23, Ближний Восток — 0,16. По отдельным странам неравномерность распределения водных ресурсов еще выше (табл. 4) [22].

Таблица 4
Запасы водных ресурсов на душу населения

Страна	Возобновляемые водные ресурсы, тыс. м ³ /чел.	Страна	Возобновляемые водные ресурсы, тыс. м ³ /чел.
США	10,8	Сирия	1,6
Мексика	4,6	Азербайджан	3,8
Бразилия	48,0	Узбекистан	2,0
Аргентина	22,0	Казахстан	6,8
Франция	3,4	Киргизстан	4,1
Германия	1,9	Таджикистан	2,6
Италия	3,3	Туркменистан	5,2
Испания	2,8	Израиль	0,28
Китай	2,2	Саудовская Аравия	0,12
Индия	1,9	Кувейт	0,01
Иран	2,0	Ирак	3,3
Египет	0,8	Россия	31,0
Судан	2,0	Юг Европейской России	2,5
Австралия	26,0	Украина	2,8

Оценка динамики водопотребления и эффективности использования водных ресурсов приведена в табл. 5 [7].

Таблица 5

Динамика водопотребления, км³/год

Континент	Год							
	1900	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Европа	37,5	96,1	136,0	226,0	325,0	449,0	482,0	463,0
	13,8	38,1	50,5	88,9	122,0	177,0	198,0	197,0
	23,7	58,0	85,5	137,1	203,0	272,0	284,0	266,0
Северная Америка	69,7	221	287,0	410,0	555,0	676,0	653,0	705,0
	—	83,8	104,0	138,0	181,0	221,0	221,0	243,0
	—	137,2	183,0	272,0	374,0	455,0	432,0	462,0
Южная Америка	15,1	32,6	49,3	65,6	87,0	117,0	152,0	182,0
	10,8	22,3	31,7	39,6	51,1	66,7	81,9	96,0
	4,3	10,3	17,6	26,0	35,9	50,3	70,1	86,0
Африка	40,7	49,2	55,8	89,2	124,0	166,0	203,0	235,0
	27,5	32,9	37,8	61,3	87,0	124,0	150,0	170,0
	13,2	16,3	18,0	27,9	37,0	42,0	53,0	65,0
Азия	414,0	682	843,0	1163,0	1417,0	1742,0	2114,0	2357,0
	249,0	437	540,0	751,0	890,0	1084,0	1315,0	1458,0
	165,0	245	303,0	412,0	527,0	658,0	799,0	899,0
Австралия и Океания	1,6	6,8	10,4	14,5	19,9	23,5	28,5	32,5
	0,6	3,3	5,0	7,2	10,3	12,7	16,4	18,7
	1,0	3,5	5,4	7,3	9,6	10,8	12,1	13,8
Сумма	579,0	1088,0	1382,0	1968,0	2526,0	3175,0	3633,0	3973,0
	331,0	617,0	768,0	1086,0	1341,0	1686,0	1982,0	2182,0
	248,0	471,0	614,0	882,0	1185,0	1485,0	1651,0	1791,0

Примечание: верхний ряд цифр — водозабор; средний — безвозвратное водопотребление; нижний — возвратные воды.

Таблица 6

Эффективность использования водных ресурсов

Страна	В промышленности, млрд/км ³	В сельском хозяйстве, м ³ /т
США	10,0	1000
Франция	14,0	660
Испания	6,6	720
Англия	47,0	—
Дания	150,0	—
Финляндия	27,0	—
Греция	112,0	—
Италия	21,0	1300
Польша	2,6	—
Китай	3,7	2500
Египет	2,5	3500
Узбекистан	2,5	3000
Украина	1,7	—
Риссия	2,8	4800
Индия	—	3030
Япония	—	1350
Израиль	100,0	380

Приведенные данные показывают, что полезное использование водных ресурсов (отношение безвозвратного водопотребления к возвратному) невелико и составляет для развитых стран — 0,34...0,38, для развивающихся — 0,53...0,71. Различие объясняется структурой водопользования. В развитых странах 60...90 % водопотребления приходится на промышленность и коммунальное хозяйство, где объем возвратных вод очень высок, 10...40 % — на сельское хозяйство (орошение). В развивающихся странах 70...88 % водопотребления приходится на сельское хозяйство (орошение) и только 12...40 % на промышленность и коммунальное хозяйство. При расчетах безвозвратного водопотребления в развивающихся странах формально в его состав включают и физическое (непроизводительное) испарение, объем которого, особенно на землях, занятых рисом, очень велик. При таком использовании водных ресурсов их качество ухудшается и представляет серьезную опасность для здоровья людей.

Интерес представляет оценка существующей эффективности использования водных ресурсов в промышленности и сельском хозяйстве (орошение). Эффективность использования водных ресурсов в промышленности оценивается стоимостью произведенной продукции при

использовании 1 км³ воды, в сельском хозяйстве — затратами воды на производство 1 т зерна (риса, пшеницы) [3, 14].

Анализ показывает, что в мире существуют большие возможности повышения эффективности использования водных ресурсов. В развитых странах показатель использования водных ресурсов в промышленности в 20 раз выше, чем в развивающихся (в среднем 54 и 2,6 млрд км³ соответственно). Аналогичная картина наблюдается и в сельском хозяйстве: в развитых странах затраты воды на орошение (920 м³/т) в 4 раза ниже, чем в развивающихся (3600 м³/т). Особенно неудовлетвори-

Таблица 7

Техника полива орошаемых земель

Страна	Полив по бороздам и затоплением, %	Полив дождеванием, %	Капельное орошение, %	Обеспеченность дренажом, %	Оросительная норма нетто, тыс. м ³ /га
США	45	50,0	5,0	100,0	1...9
Испания	20	32,0	48,0	—	2..5
Франция	10	83,0	7,0	—	2...4
Израиль	—	50,0	50,0	—	2...3
Китай	99	1,0	—	25,0	9
Индия	99	0,2	0,8	8,0	12
Мексика	95	4,0	1,0	77,0	10
Пакистан	98	2,0	—	—	9
Иран	100	—	—	24,0	8
Турция	99	1,0	—	44,0	6
Ирак	100	—	—	—	11
Таиланд	99	—	1,0	—	7
Египет	85	12,0	3,0	91,0	14
Италия	20	70,0	10,0	—	2...8
Россия	18	82,0	—	24,0	3...6

тельно обстоит дело в России, где эффективность использования водных ресурсов (4800 м³/т) в 5 раз ниже, чем в развитых странах [22].

Такое различие эффективности использования водных ресурсов в сельском хозяйстве связано с особенностями применяемой в разных странах техники и технологии орошения (табл. 7).

В Израиле, где наиболее эффективно используются водные ресурсы, полив осуществляется с применением спринклерного дождевания и капельного орошения. Несколько ниже эффективность во Франции, где для полива сельскохозяйственных культур используют в основном дождевание. Еще ниже эффективность в Испании и Италии, где внедрена практика затопления (посевы риса). В США, несмотря на большой процент площадей, поливаемых по бороздам, эффективность использования водных ресурсов почти такая же, как в других развитых странах.

В развивающихся странах низкая эффективность использования водных ресурсов объясняется в основном методами полива — затоплением или по бороздам, в России — неудовлетворительной системой земледелия на орошаемых землях (табл. 8) [16].

Таблица 8
Урожайность риса в различных странах мира, ц/га

Страна	1980 год	2000 год
Египет	5,71	7,91
Китай	4,24	6,06
Индия	1,90	2,86
Япония	5,58	6,29
Франция	3,92	5,27
Италия	5,61	5,81
Испания	6,33	7,44
США	5,17	6,86
Австралия	6,18	6,79
Россия	4,01	2,96

Во всех странах, кроме России, урожай риса возрастают. В России наоборот — урожай со временем снижаются и составляют 50...60 % от потенциальной урожайности.

Интересно отметить, что по мере совершенствования техники и техноло-

гии орошения в мире менялись и прогнозы водопотребления (рис. 4) [23].

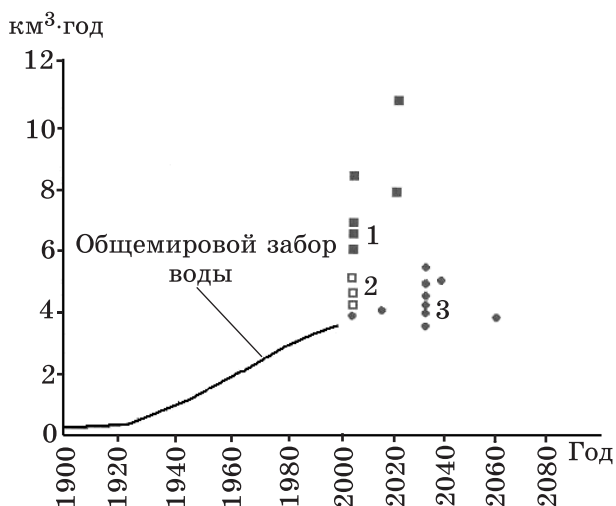


Рис. 4. Прогнозы водопотребления: 1 — сценарии до 1980 г.; 2 — сценарии между 1980–1995 гг.; 3 — сценарии после 1995 г.

В прогнозах до 1980 г. объем водопотребления в мире на 2020 г. определялся в 8...10 тыс. км³, в прогнозах, разработанных после 1995 г., объем водопотребления даже на 2050 г. оценивался в 4 тыс. км³. Анализ приведенных данных дает основание сделать заключение: шаблонный перенос опыта мелиорации развитых стран на условия России и развивающихся стран невозможен. Необходима детальная оценка особенностей природных и социально-экономических условий и, самое главное, анализ принятых в этих странах систем ценностей и целей. К сожалению, в отечественной литературе до сих пор нет фундаментальных работ по обобщению зарубежного опыта в области мелиорации земель и по установлению возможности его использования в условиях России.

Большой интерес в этом отношении представляет анализ опыта мелиорации земель в США, особенно поверхностных способов полива по бороздам. Объясняется это, с одной стороны, тем, что техника полива в США отличается от других развитых стран, с другой — тем, что опыт США часто пытаются использовать в России и государствах Центральной Азии без достаточных на

то оснований [24, 25].

Рассматривая опыт мелиорации земель в США, необходимо отметить, что модернизация техники и технологии орошения идет в том же направлении, что и в других развитых странах. Если в 1970 г. полив по бороздам применяли на 82 % площадей, то в 2000 г. — на 45 %. Соответственно увеличивались площади земель, орошаемых методами дождевания и капельным. Эти изменения техники полива особенно заметны в последние 10 лет (табл. 9) [11].

Таблица 9
Техника полива орошаемых земель в США

Год	Техника полива, % от общей площади орошения		
	По бороздам	Дождевание	Капельное орошение
1970	82	18,0	—
1975	75	25,0	0,03
1980	66	33,8	0,2
1985	62	37,6	0,4
1990	55	44,5	0,5
1995	54	41,5	4,5
2000	45	50,0	5,0

Целесообразно подробнее рассмотреть технику и технологии орошения в США, которые существенно отличаются от используемых в других развитых странах. Страна отличается большим разнообразием природно-климатических ресурсов. На основной территории США выделяются две природно-климатические области — Восточная и Западная. Граница между ними совпадает с изогией 500 мм меридиана 100° з.д. Общий речной сток США равен суммарному стоку всей Европы, 2/3 — Восточная область [13, 15].

Восточная область в целом характеризуется влажным теплым климатом со средней годовой суммой осадков от 500 до 1500 мм. Почвенный покров обширных внутренних равнин представлен плодородными черноземовидными и темно-каштановыми незасоленными почвами. Пресные грунтовые воды залегают неглубоко. Западной области в целом присущ семиаридный и аридный климат. Годовые суммы

осадков составляют от 100 до 500 мм. В почвенном покрове преобладают пустынные и полупустынные типы почв. Значительное распространение в этой области получили засоленные почвы, что обусловливается аридностью климата и орографией (межгорные и предгорные равнины). Засоление почв в наибольшей степени распространено в бассейнах рек Колорадо, Рио-Гранде, Арканзас, Сан-Хакин и др. В этих бассейнах засолено около 20 % орошаемых земель.

Природно-климатические условия, водные и земельные ресурсы способствовали быстрому социально-экономическому развитию страны. Вместе с тем, развитие орошения происходило в условиях постоянно снижающихся цен на сельскохозяйственную продукцию и жестких требований государства к рациональному использованию и охране водных и земельных ресурсов. Фермеры были вынуждены получать максимальную прибыль при минимальных затратах водных, энергетических и финансовых ресурсов. Изначально в основу создания оросительных систем были положены принципы древних времен, используемые земледельцами в долинах таких крупных рек, как Евфрат, Амударья, Тигр и др.

Особенностью древних оросительных систем было совмещение функций оросительной и дренажной сети, устроенной в виде мелких (1...1,5 м) земельных каналов (зауров) с расстояниями между ними 30...50 м. Вода для полива подавалась с помощью примитивных водоподъемных устройств. Такая конструкция оросительных систем обеспечивала не только сохранение естественного гидроморфного режима, но и возможность использования сельскохозяйственными растениями пресных грунтовых вод, что позволяло снизить до минимума величины оросительных норм. Системы обладали высоким коэффициентом полезного использования воды, поскольку потери на фильтрацию из заглубленных каналов отсутствовали, а вода, поступающая в грунтовые воды, снова подавалась на поля. Таким образом, обеспечивался

полный водооборот, что сводило к минимуму затраты водных ресурсов и воздействие на природную среду [18].

Однако такие системы эффективны только в том случае, когда грунтовые и поливные воды пресные, и нет опасности вторичного засоления почв. В таких условиях величина оросительных норм нетто, т.е. эффективность использования водных ресурсов, зависит только от глубины залегания грунтовых вод [26]:

$$\bar{O}_p = \frac{O_p}{E - O_c} = 1 = \frac{1}{\Delta}, \quad (2)$$

где O_p — оросительная норма нетто, мм; $E - O_c$ — дефицит водопотребления, мм; Δ — глубина залегания грунтовых вод, м; $\bar{\Delta} = \Delta / m \cdot \lambda$ (m — пористость почв, доли от объема; λ — коэффициент гидродинамической дисперсии, м).

Из выражения следует, что с увеличением глубины залегания грунтовых вод O_p возрастает. Именно такие условия и существуют на Востоке США. Отличием оросительных систем США является то, что оросительная сеть устраивается отдельно в виде облицованных каналов или трубопроводов, а дренажная сеть строится в виде мелких (1,2...1,5 м) каналов через 30...50 м. Дренажный сток после биологической очистки (с помощью водной растительности) повторно используется для полива. Таким образом, оросительные системы являются водооборотными и обеспечивают очень экономное использование водных ресурсов и минимальное воздействие на природную среду при сравнительно невысокой стоимости строительства и эксплуатации систем.

Возникает вопрос, почему такие же системы с мелким дренажем строятся и на Западе США, где широкое распространение имеют засоленные и подверженные засолению земли? По мнению специалистов США, строительство глубокого дренажа (3...3,5 м) нецелесообразно по следующим соображениям. Во-первых, строительство и эксплуатация глубокого горизонтального дренажа обходится очень дорого и делает нерентабельным сельскохозяйственное производство в фермерских хозяйствах, во-вторых, глу-

бокий дренаж вовлекает в активный геохимический оборот большое количество солей из глубоких горизонтов и резко усиливает геологический круговорот. Последнее обстоятельство хорошо изучено в России как в теоретическом, так и в практическом плане. Доля солей, вовлекаемых в активный геохимический оборот из глубоких горизонтов, существенно зависит от глубины заложения дрен. Так, при глубине дрен 1 м эта доля равна нулю, при глубине 1,5 м — 5...10 %, 2 м — 10...20 %, 3,5 м — 30...40 % и при глубине 4 м — 40...50 % [27, 28].

В первой половине XX века в США на орошаемых землях достаточно широко использовали вертикальный дренаж, но от него быстро отказались по причине срабатывания запасов и ухудшения состояния подземных вод, вовлечения в активный геохимический оборот больших масс солей, а также из-за очень высоких затрат на его строительство и эксплуатацию [15].

Опыт орошения засоленных или подверженных засолению земель в США с использованием полива по бороздам показал, что предупреждение вторичного засоления почв требует увеличения оросительных норм, т.е. промывного режима с интенсивностью 20...30 %. Но несмотря на создание интенсивного промывного режима, засоление орошаемых земель в западных штатах продолжает прогрессировать. Анализ состояния орошаемых земель показал, что в период с 1970 по 2000 гг. по причине засоления из оборота выбыло 1,8 млн га (около 10 % общей площади). В связи с этим меняется и распределение орошаемых земель между западными и восточными областями (табл. 10) (Agricultural

Таблица 10
Орошаемые земли
Запада и Востока США

Область	1970 год	2000 год
Восточная	5,5	12,0
Западная	14,5	13,2*

* 13,2 = 14,5 + 0,5 - 1,8, где 0,5 млн га — ввод новых земель.

Statistics. — Wash., 2001. — P. 1–46).

Приведенные данные свидетельствуют о том, что рекомендации ряда научных учреждений России о целесообразности перехода на полив по бороздам (30 % площади) необоснованные, а ссылки на опыт США несостоятельные. В России практически нет территорий, где можно было бы создать оросительные системы с полным водооборотом. Очистка дренажных вод (деминерализация) обойдется значительно дороже, чем экономия энергетических ресурсов при отказе от полива дождеванием.

Выполненные обобщения не являются, конечно, исчерпывающими, но они дают основание утверждать, что основная задача мелиорации земель — обеспечение населения продовольствием при одновременном снижении нагрузки на биосферу — даже при внедрении прогрессивной техники и технологии мелиорации не может быть решена. Получив невиданное могущество и противопоставив себя природе, человек тем самым загнал себя в тупик, лишив перспективы развития в рамках современных парадигм цивилизации. Увеличение площадей обрабатываемых земель до 2000 млн га, площадей орошаемых земель до 350 млн га и объема водопотребления до 4 500 км³ в год (что технически вполне возможно) приведет к резкому ухудшению экологической обстановки в мире, которая может перейти из состояния экологического кризиса в состояние экологического бедствия. Настало время выработать новые принципы согласования стратегии природы и стратегии человека. Принципы антропогенеза, на которых до сих пор основывалась деятельность людей, должны быть заменены пониманием того факта, что род людской всего лишь один из биологических видов и вне биосферы он существовать просто не может.

В последние годы появились новые подходы к развитию сельского хозяйства, включая и мелиорацию земель, позволяющие в перспективе не только резко увеличить производство продо-

вольствия в мире, но и снизить антропогенную нагрузку на биосферу. В ряде стран Европы (Испания) и Ближнего Востока (Израиль и др.), бедных водными и земельными ресурсами, эти новые подходы уже достаточно широко используются [29]. Суть этих подходов заключается в расширении экологической ниши человека за счет широкого использования новых ресурсов. В качестве новых ресурсов в этом случае выступают неудобные, непродуктивные и неиспользуемые земли, площади которых в мире составляют 34 %, генетически модифицированные высокопродуктивные растения, гидропоника и компьютерные технологии. Технологически это означает переход от земледелия в открытом грунте на земледелие в закрытом грунте, т. е. на парниковое хозяйство.

Частичная замена существующего земледелия на парниковое хозяйство позволяет решить ряд серьезных проблем, в том числе:

регулировать все без исключения факторы роста и развития растений, полностью автоматизировать и компьютеризировать технологические процессы; наиболее полно и круглогодично использовать потенциал высокопродуктивных видов сельскохозяйственных растений (опыт показывает, что урожайность в парниках увеличивается до 2000 ц/га, т.е. в 5–10 раз по сравнению с открытым грунтом);

самым эффективным образом использовать природные ресурсы с минимальным воздействием на окружающую среду благодаря устройству водонепроницаемых поддонов (заполнению их песком, гравием, шлаком и другими материалами) и применению гидропоники;

эффективно использовать неудобные и непродуктивные земли, в том числе и засоленные; это позволит часть ныне обрабатываемых земель трансформировать в леса, луга, пастбища и охраняемые территории, что значительно увеличит биоразнообразие и улучшит экологическое состояние биосферы в мире.

Расширение экологической ниши — процесс длительный и сложный, но он необходим, чтобы предотвратить или, по крайней мере, ослабить кризис продовольствия, кризис ресурсов и кризис загрязнения, т. е. глобальный экологический кризис.

Ключевые слова: экологическое состояние страны, биологическая емкость, экологический след, мелиорация земель, водопользование, устойчивое управление биогеохимическими процессами, интенсификация химизации, степень нарушения экосистем и ландшафтов, эффективность использования водных ресурсов, глобальный экологический кризис.

Список литературы

1. **Максаковский, В. П.** Пути решения глобальной продовольственной проблемы [Текст] / В. П. Максаковский // В кн. Географическая картина мира. — М., 2007. — С. 1–5.
2. **Одум, Ю.** Основы экологии [Текст] / Ю. Одум. — М.: Мир, 1987. — 575 с.
3. **Gardner, G.** Irrigated Area Up. In [Text] / G. Gardner // The environmental trends that are shaping our future. — New York — London : World Institute W.W. Northon and Co., 1999. — 55 p.
4. **Halweil, B.** Grain Area Declines [Text] / B. Halweil // The environmental trends that are shaping our future. New York — London : W.W. Northon and Co., 1999. — P. 43.
5. Insights from the Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture [Text] / Stockholm World Water Week, 2006. — 31 p.
6. Устойчивое развитие сельского хозяйства и сельских территорий. Зарубежный опыт и проблемы России [Текст]. — М., 2005. — С. 54–206.
7. **Shiklomanov, I. A.** World water use and water availability: trends, scenarios, consequences [Text] / I. A. Shiklomanov, J. A. Balonishnikova // Water Resources Systems — Hydrological Risk, Management and Development IAHS Publ. — № 281. — 2003. — P. 358–364.
8. **Григорьев, А. А.** Глобальные природные ресурсы [Текст] / А. А. Григорьев, К. Я. Кондратьев // Бюл. Использование и охрана природных ресурсов России. — № 56. — М., 1999. — 15 с.
9. **Раткович, Д. Я.** Актуальные проблемы водообеспечения [Текст] / Д. Я. Раткович. — М.: Наука, 2003. — С. 100–145.
10. **Meadows, D.** Limits to Growth. The 30-year Update [Text] / D. Meadows, J. Randers // Chelsea Green Pub. — 2004. — 338 p.
11. **Hinrichsen, D.** Population and the environment: global challenge [Text] / D. Hinrichsen, B. Robey // Population Reports. Series M. — № 15. — Baltimore : Johns Horkins University School, of Public Health, 2000. — P. 44.
12. State of the World [Text] / L. Brown [et all eds.]. — 2000. — P. 121.
13. **Лангер, Н.** Сельское хозяйство США [Текст] / Н. Лангер. — М., 2003. — 70 с.
14. **Petersen, J.-E.** Agro-environment schemes in Europe — lessons for future rural policy [Text] / J.-E. Petersen // Institute for European Environmental Policy. — London, 1998. — 53 p.
15. **Маслов, В. С.** Вопросы орошения и осушения в США [Текст] / В. С. Маслов, Е. А. Нестеров. — М. : Колос, 1967. — 320 с.
16. FAO Yerbook Production. — Vol. 41. — 1987; Vol. 50. — 1996.
17. Сохранение и восстановление плодородия земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России на 2006–2010 гг. [Текст] / Федеральная целевая программа. — М., 2005. — 40 с.
18. **Айдаров, И. П.** Очерки по истории развития орошения в СССР и России [Текст] / И. П. Айдаров. — М., 2006. — С. 93–100.
19. **Пегов, С. А.** Моделирование развития экологических систем [Текст] / С. А. Пегов, П. М. Хомяков. — Л.: Гидрометеиздат, 1991. — 207 с.
20. Towards Sustainable Land Use [Text] / Blume [et all] // GMBH. — Vol. 2. — 1998. — 74 p.
21. **Brown, L.** The environmental trends that are shaping our future [Text] / L. Brown, M. Renner, C. Flavin. — London : World — dwatch Institute, 1999. — 66 p.
22. World Water Development Report [Text]. — 2003. — 100 p.
23. **Gleick, P. H.** Global freshwater resources: soft — path solution for the 21-th century [Text] / P. H. Gleick // Science. — 2003. — № 5650. — P. 1524–1527.
24. **Denecke, H. W.** Aral Sea Basin [Text] / H. W. Denecke // World Bank Program 3.1.B. Improvement of Agricultural Water Quality. Executive Summary, 1997. — 50 p.
25. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных

систем земледелия и агротехнологий [Текст]. — М.: Росинформагротех, 2005. — С. 397–314.

26. **Айдаров, И. П.** Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных угодий [Текст] / И. П. Айдаров, А. И. Голованов, Ю. Н. Никольский. — М.: Агропромиздат, 1990. — С. 26–27.

27. **Аверьянов, С. Ф.** Борьба с засолением орошаемых земель [Текст] / С. Ф. Аве-

рьянов. — М.: Колос, 1978. — С. 45–180.

28. **Айдаров, И. П.** Регулирование водно-солевого и питательного режимов орошаемых земель [Текст] / И. П. Айдаров. — М.: Агропромиздат, 1985. — С. 122–128.

29. **Кай, Р. А.** Measuring Sustainability in Israel's Water System [Text] / R. A. Kay // International Water Resources Association. — Vol. 25. — № 4. — 2000. — P. 617–623.

УДК 502/504:631.413.3:712

А. И. Голованов, доктор техн. наук, профессор

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

УПРАВЛЕНИЕ ГАЛОЕМКОСТЬЮ ЛАНДШАФТОВ

Предлагается новое понятие в геохимии наземных ландшафтов — галоемкость, или солеемкость ландшафтов или геосистем, как установившееся равновесие запасов солей в конкретной толще почв и грунтов, сформировавшееся при длительных стационарных или квазистационарных внешних факторах: погодных, гидрогеологических, почвенных, организационно-хозяйственных. Предлагается простой способ оценки этой емкости. Отмечено, что именно регулирование солеемкости путем воздействия на указанные факторы создает условия для гарантированного устранения засоленности земель.

A new concept in geochemistry of surface landscapes is proposed — halocapacity or saline capacity of landscapes or geosystems as a steady balance of salt stores in the particular thickness of soils and grounds formed under long-term stationary or quasistationary external factors: weather, hydrogeological, soil, economic-organizing. There is proposed a simple way of estimation of this capacity. It is noted that just regulation of saline capacity by affecting the indicated factors creates conditions for the guaranteed elimination of land salinization.

Под природной устойчивостью земных геосистем понимают их способность сохранять или восстанавливать свою структуру, свойства, состояние после прекращения нерегулярных внешних воздействий природного или антропогенного происхождения.

Следует отличать устойчивость техноприродных геосистем, т. е. природных геосистем со встроенными в них человеком искусственными элементами (сооружениями, посевами сельскохозяйственных культур и т. п.). Такая устойчивость заключается в способности выполнять заданные ей социально-экономические функции. Устойчивость почвы и устойчивость поля — разные понятия.

Помимо устойчивости земным геосистемам свойственна динамичность — способность изменяться обратно под действием периодически меняющихся факторов, к которым природа «привыкла» (суточная, сезонная, многолетняя цикличность).

И еще одно фундаментальное свойство земных геосистем — способность эволюционно изменяться вследствие глобальных процессов. Такие изменения — необратимые.

Все эти свойства относятся и к засоленности почв так называемыми макросолями, токсичными для растений (ионы Cl, SO₄, Na и др.).

При изучении процессов засоле-