

## НАДЕЖНОСТЬ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

**И.Ф. Юрченко, д.т.н.**

*ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова», e-mail: irina.507@mail.ru*

*Представлены методические подходы к обоснованию показателя деградации почв, как критерия оценки эффективности технической эксплуатации мелиоративной системы. Объект исследований – почвенное плодородие мелиорируемых земель, предмет – влияние мероприятий технической эксплуатации мелиоративных систем на почвенное плодородие земель сельскохозяйственного использования. В работе проанализированы и обобщены действующие нормативно-методические материалы, сформированы методические подходы к выбору критерия и оценке эффективности распределения лимитированных инвестиций на эксплуатацию мелиоративных систем, обеспечивающих сохранение и воспроизводство почвенного плодородия. Создана дискретная оптимизационная модель планирования мероприятий эксплуатации мелиоративной системы, реализованная в среде информационной технологии (ИТ) поддержки управляющих решений по разработке возможных вариантов ремонта и ухода. Годовой экономический эффект тестирования ИТ в зоне Большого Ставропольского канала составил порядка 100 тыс. руб. при сроке окупаемости совокупных вложений 2 года.*

**Ключевые слова:** почва, плодородие, критерий надежности, эффективность, эксплуатация, мелиоративные системы.

## THE RELIABILITY OF SOIL FERTILITY AS A CRITERION OF THE EFFICIENCY WHEN OPERATING RECLAMATION PROJECTS

**Dr. Sci. I.F. Yurchenko**

*ARSRI for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, e-mail: irina.507@mail.ru*

*The research was carried out to improve the technical and investment policy in the land reclamation through the development and application of innovative measures on the allocation of scarce resources to optimize the reliability of soil fertility in agricultural lands, such as efficiency of preventive measures and operation of the reclamation projects. The objective of the research is soil fertility improvement in the reclaimed land, subject of the study is to optimize the impact of the reclamation projects' operating on the soil fertility for the agricultural land. The following procedures were applied: collection, analysis and synthesis of the existing standards – methodological materials. The methodical approaches on the criteria choice and estimation of the efficiency of the allocation of the limited investment in the reclamation projects while their operating to ensure high production in agriculture as well as preservation and rehabilitation of soil fertility, are given. A discrete optimization model on the operation of the amelioration projects, which is being applied as the information technology (IT), decision support on the development of the possible variants of repair, maintenance, etc., and as procedures, optimality analysis and the choice of an effective variant, has been developed. IT testing on the base of the data of the «Sevkavgirovodhoz» on the technical conditions of irrigation and watering systems in the area of The Big Stavropol Canal showed high efficiency of the proposed approach in the development of the schedules for maintenance and repair. The annual economic effect is amounted about 100 thousand rubles, payback period for the total investments being 2 years.*

**Keywords:** soil, fertility, reliability criteria, efficiency, operation, irrigation and drainage projects.

Мероприятия комплексной мелиорации становятся признанным фактором обеспечения устойчивости сельскохозяйственного производства [1-4], для которого характерно стремление к получению высоких результатов при снижении антропогенной нагрузки на природную среду. В этой связи возрастает акту-

альность в реформировании стратегии мелиоративной деятельности и совершенствовании системы эксплуатации мелиоративных объектов, т.к. техническое состояние гидромелиоративных систем и мелиоративных объектов – важнейший фактор стабилизации базовой продуктивности агроценозов и сохра-

нения почвенного плодородия мелиорируемых земель [5-8]. Процедуры по ремонту и уходу за объектами мелиораций, относящиеся к регулируемым факторам сохранения и воспроизводства плодородия почвы мелиорируемых земель и охраны природы [6, 8], обеспечивают подачу и отвод воды, промывку засоленных земель, ликвидацию вымочек, затопления, подтопления, ирригационной эрозии и т.п.

**Цель работы** – совершенствование технической и инвестиционной политики мелиоративной деятельности путем разработки и внедрения инновационных методов распределения ограниченных ресурсов в области эксплуатации, обеспечивающих оптимизацию надежности почвенного плодородия земель сельскохозяйственного назначения, как показателя эффективности плано-предупредительных мероприятий эксплуатации мелиоративных систем.

**Объекты и методы исследований.** Объект исследований – почвенное плодородие мелиорируемых земель, предмет – влияние мероприятий технической эксплуатации мелиоративных систем на почвенное плодородие земель сельскохозяйственного использования. В работе применяли методы сбора, анализа и обобщения действующих нормативно – методических материалов; теории вероятности и математического моделирования.

**Результаты.** На основе анализа методических рекомендаций по формированию критериев оптимальности планирования и реализации мелиоративных мероприятий [4, 7-11, 13-16] предлагается оценка эффективности распределения ограниченных ресурсов на техническую эксплуатацию по максимальному значению допустимого срока постремонтного использования почв мелиоративных систем без мероприятий, снижающих негативное влияние на плодородие [16].

Допустимый срок ( $T$ ) определяется периодом от начала использования почв до наступления предельного состояния, при котором их дальнейшее использование в неизменных условиях плодородия нецелесообразно, и/или мероприятия восстановления плодородия слишком дороги. Вычисление осуществляется по зависимости (1):

$$T = \frac{1}{a} \ln \frac{F_{\min}}{F(t_0)},$$

где:  $a$  – характеристика деградации плодородия в начальный период наблюдения  $t_0$ ;  $F(t_0)$  – значение плодородия почвы в начальный период наблюдения;  $F_{\min}$  – недопустимое (предельное) значение плодородия почвы.

Зависимость (1) получена в предположении, что почвы на расчетном участке обладают одними и теми же свойствами плодородия, равными среднему на участке и в интервале времени.

Показатель почвенного плодородия – многофакторный и случайным, полную характеристику о нем содержит функция распределения. Изменение

состояния почвы во времени описывается вероятностью перехода почвы из одного состояния в другое при помощи модели, получившей в теории вероятности определение, как модели «гибели и размножения». При выводе не учитывался случайный характер процесса снижения плодородия, вызванного различиями в геологических, гидрологических, климатических и других условиях мелиорируемых земель.

При учете стохастического характера изучаемого процесса вместо величины  $\frac{1}{a}$  рекомендуется [16]

пользоваться математическим ожиданием случайной величины  $M\left(\frac{1}{a}\right)$  и формула (1) примет вид (2):

$$T = M\left(\frac{1}{a}\right) \ln \frac{F_{nl}}{F(t_k)}$$

Вместе с тем определение математического ожидания дискретной случайной величины  $\frac{1}{a}$  при

конечном числе  $n$  ее возможных значений требует знания вероятности каждого из этих значений. Практически это трудно выполнить из-за отсутствия длительных рядов фактических наблюдений, что обусловило предложение [15] заменить показатель почвенного плодородия показателем продуктивности агроценозов. Замена достаточно корректна при неизменных агротехнологиях и свойствах растений [17, 18]. Установлено, что примерно 50% прибавки урожая обеспечивается достоинством сорта и технологией возделывания, затеняющими связь между урожайностью и почвенным плодородием [17, 18]. Тем не менее, показатель почвенного плодородия, непосредственно связанный с продуктивностью, объективно существует [19].

Вид характерной зависимости снижения продуктивности сельскохозяйственных культур в результате деградации почвенного плодородия, полученный по результатам обобщения опытных и экспериментальных данных [12], представлен на рисунке.

Эта зависимость аппроксимируется функцией (3):

$$P(t) = A \times e^{-Bt}$$

Отсюда  $t = \frac{1}{B} \ln \frac{A}{P(t)}$  (4)

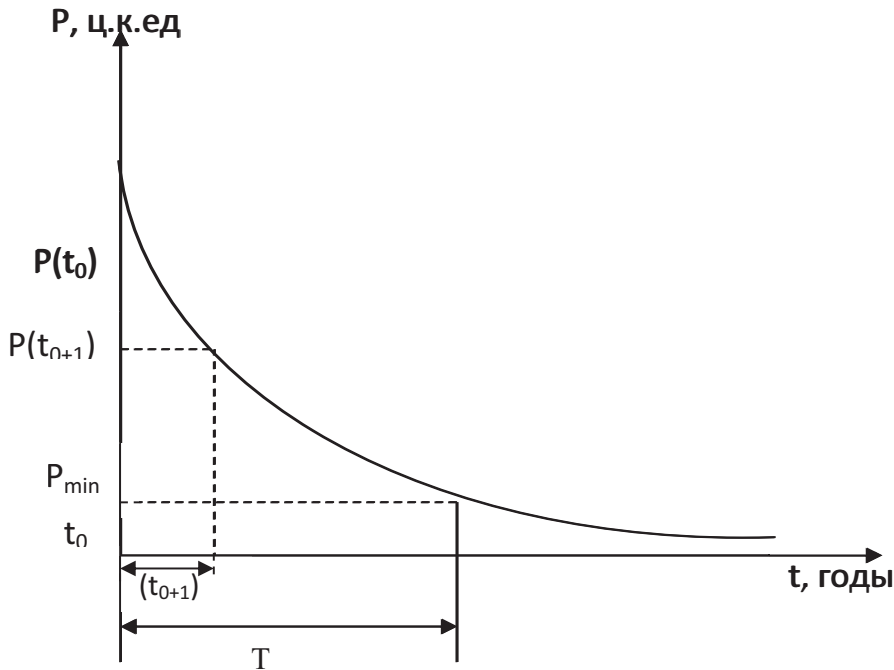
Таким образом, структуры зависимостей (1) и (4) совпадают. Для определения параметров  $A$  и  $B$  используем следующие преобразования: при  $t = T$  функция  $P(t)$  принимает значение  $P_{\min}$  (рисунок), при  $t = t_0$   $P(t_0) = A$ . (5)

При значении  $t = t_{0+1} = 1$  функцию  $P(t)$  можно представить в виде (6):

$$P(t_{0+1}) = P(t_0) \times K_{dez}$$

где:  $K_{dez}$  – коэффициент снижения плодородия за период  $(t_{0+1} - t_0)$ . В то же время формулу (3) с учетом (5) можно представить в виде:

$$P(t_{0+1}) = P(t_0) \times e^{-B} \quad (7)$$



**Снижение продуктивности сельскохозяйственных культур в результате деградации почвенного плодородия на системе**

Используя зависимости (6) и (7) получим выражение (8):

$$B = \ln \frac{1}{K_{\text{дег}}}$$

Из формулы (4) после подстановки в нее (8) получается выражение (9) для вычисления  $T$ :

$$T = \frac{\ln \frac{P_{\text{min}}}{P(t_0)}}{\ln K_{\text{дег}}} \quad (9)$$

$K_{\text{дег}}$  определяется через отношение ежегодных потерь урожая ( $P_{\text{ном}}$ ) на участках, не включенных в план ремонта, к среднемуголетнему урожаю сельскохозяйственных культур на системе до ремонта  $P_{\text{ср.г.}}$ :

$$K_{\text{дег}} = \frac{P_{\text{ном}}}{P_{\text{ср.г.}}} \quad (10)$$

Длительность рядов для определения среднемуголетней урожайности зависит от периода времени, в течение которого хозяйственные и производственные условия (агротехнология, техническое состояние системы, селекция и т.д.) существенно не менялись.

Плодородие почв на начало наблюдения  $P(t_0)$  вычисляется по прогнозируемому урожаю сельскохозяйственных культур после ремонта площадей системы комплексных мелиораций. Допустимое снижение урожая  $P_{\text{min}}$  устанавливается экспертной оценкой, как доля ( $K$ ) от среднемуголетнего урожая сельскохозяйственных культур до ремонта мелиорируемых площадей:

$$P_{\text{min}} = K \times P_{\text{ср.г.}}; \quad 0 < K < 1 \quad (11)$$

Указанный подход к выбору критерия оценки деградации почв как показателю действительности

технической эксплуатации мелиоративных систем реализуется автором в составе системы поддержки решений (СППР) при планировании технической эксплуатации, разрабатываемой согласно Государственной тематике ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова на 2016-2017 гг. СППР при управлении комплексными мелиорациями предназначена для определения плано-предупредительных мероприятий технической эксплуатации на объектах комплексных мелиораций и мероприятий мелиоративной подготовки площадей.

Формирование возможных вариантов и анализ их оптимальности выполняется на основе моделирования. В качестве расчетного выбирается вариант, обеспечивающий максимальное значение допустимого срока постремонтного использования почв. Объем финансирования этого варианта не превышает выделенный, а суммарная площадь отремонтированных участков и производство продукции – не ниже минимально возможных значений.

Дискретная модель планирования технической эксплуатации системы комплексной мелиорации представлена в виде:

$$T_j \Rightarrow \max \quad (12); \quad K_j x_{ij} \leq K \quad (13);$$

$$\sum_{i=1}^N S_i x_{ij} \geq S \quad (14); \quad \sum_{i=1}^N P_i S_i x_{ij} \geq P \quad (15),$$

где:  $T_j$  – продолжительность периода достижения недопустимого снижения плодородия почвы для  $j$  варианта плано-предупредительных мероприятий;  $S_i$  – площадь, подкомандная  $i$  объекту технической эксплуатации (ОТЭи), представляющему не-

исправный элемент водопроводящей сети и/или сооружений на ней;  $i = 1, 2, \dots, N$ ,  $N$  – количество ОТЭ на системе;  $S$  – минимально возможная площадь отремонтированных участков системы;  $K_i$  – объем финансирования планово-предупредительных мероприятий  $i$  объекта технической эксплуатации (ОТЭ $_i$ );  $K$  – объем финансирования планово-предупредительных мероприятий технической эксплуатации;  $P_i$  – ожидаемый пост ремонтный урожай возделываемых культур на площадях, подкомандных ОТЭ;  $P$  – минимально допустимое производство сельскохозяйственной продукции с отремонтированных площадей.

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если ОТЭ}_i \text{ включается в } j \text{ вариант} \\ & \text{плана ремонта} \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Тестирование информационной технологии (ИТ) программного комплекса СППР на материалах ОАО «Севкавгипроводхоз» по техническому состоянию оросительно-обводнительных систем в зоне Большого Ставропольского канала показало действенность предлагаемого подхода при разработке графиков технического ухода и ремонта. Эффективность ИТ выражается совокупностью технико-экономических показателей, позволяющих количественно характеризовать составляющие эффективности, а именно [20]:

- показателями экономической эффективности собственно ИТ, как одного из видов новой техники, представленными в настоящих исследованиях годовым экономическим эффектом  $\mathcal{E}_{\text{год}} = 100$  тыс. руб. и сроком окупаемости совокупных капиталовложений по дополнительному чистому доходу  $T_{\text{ок}} = 2$  года;

- степенью влияния ИТ на параметры производственно-хозяйственной деятельности организации, исчисляемого в рамках тестирования программного продукта ростом производительности труда на ра-

ботах, охваченных ИТ до 10%, и информационного обеспечения управленческого персонала до 20%, а также повышением уровня автоматизации до 10% и увеличением занятости (за счет привлечения персонала по ведению ИТ) до 4%;

- уровнем воздействия на качество управленческих решений, обусловившим в составе опытной проверки действенности ИТ, ожидаемое снижение удельных инвестиций на мероприятия по уходу и ремонту за мелиоративными системами до 15%, повышение продуктивности мелиорируемых агроценозов до 10%.

*Таким образом, предложенный критерий оценки деградации почв – надежность плодородия как показатель эффективности эксплуатации мелиоративных систем позволит успешно решать практические задачи оптимизации планирования мероприятий ремонта и ухода за объектами мелиорации. При корректном использовании исходных данных и реализации вычислений рекомендованный в работе подход к назначению мероприятий ремонта и ухода за системой комплексных мелиораций и мелиоративной подготовки площадей повысит точность отражения сложных процессов, обуславливающих изменение почвенного плодородия земель. Реализация разработанного направления по оптимизации управленческих решений в составе информационной технологии обеспечит возможность практического использования инновационных методов широкому кругу пользователей в сфере мелиорации. По сравнению с традиционным «ручным» вариантом инвестиций на мероприятия по уходу и ремонту за мелиоративными системами снижаются до 15%, что будет способствовать повышению продуктивности мелиорируемых агроценозов до 10%.*

#### Литература

1. Постановление Правительства РФ от 12 октября 2013 г. № 922 «О федеральной целевой программе «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы».
2. Шарикова И.В., Шариков А.В. Землепользование сельскохозяйственных предприятий: проблемы, тенденции, перспективы (на примере Саратовской области) // Национальные интересы: приоритеты и безопасность, 2016, № 4 (337). – С. 52.
3. Хищков И.Ф., Крупко А.Э., Зарытовская А.И. Проблемы устойчивого (сбалансированного) развития аграрно-природных систем Центрально-Черноземного района // Вестник ВГУ. Серия экономика и управление, 2015, № 4. – С. 36-43.
4. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 100 с.
5. Анзельм К.А. Правовые и организационно-хозяйственные проблемы эксплуатации внутрихозяйственной оросительной сети негосударственными вододателями // Вестник КазНУ, Серия Юридическая, 2016, Т. 50, № 2. – С. 273-275.
6. Пулатов Я.Э. и др. Проблемы мелиоративного состояния орошаемых земель в Республике Таджикистан // Природообустройство, 2015, № 3. – С. 6-9.
7. Васильев В.В., Шавлинский О.А. Оптимизация использования ресурсов при эксплуатации мелиоративных систем // Вестник Белорусской Государственной сельскохозяйственной академии, 2015, № 3. – С. 151.
8. Сафронова Т.И., Хаджиди А.Е., Холод Е.В. Обоснование метода управления агроресурсным потенциалом агроландшафтов // Современные проблемы науки и образования, 2015, № 2. – С. 106.

9. Арефьев Н.В., Wenkel K.O., Mirschel W., Баденко В.Л., Терлеев В.В., Волк Ю.В. Комплексная оценка агрометеорологических систем для планирования их реконструкции // Математическое моделирование, информационные технологии, измерительные системы и методы точного земледелия / Труды АФИ-2012. – С. 468.
10. Щедрин В.Н., Васильев С.М., Слабунов В.В. Основные правила и положения эксплуатации мелиоративных систем и сооружений, проведения водоучета и производства эксплуатационных работ: монография. В 2 ч. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 657 с.
11. Бандурин М.А. Совершенствование методов продления жизненного цикла технического состояния длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений // Инженерный вестник Дон, 2013, № 1. – С. 28.
12. Юрченко И.Ф., Фомин Г.И., Морковин В.Т. и др. Методические указания по эксплуатации орошаемых агроландшафтов, обеспечивающей экологическую безопасность, экономию ресурсов и оптимальное управление технологиями выращивания программируемого урожая. Рукопись деп. 1997.03.17 № 29 ВС-97. – М. – 181 с. Рубрики ГРНТИ: 68.35.01.94.
13. Юрченко И.Ф. Информационные системы управления водохозяйственным мелиоративным комплексом // Вестник Российской сельскохозяйственной науки, 2016, № 1. – С. 12-15.
14. Юрченко И.Ф., Носов А.К. Нормативно правовая база обеспечения безопасности гидротехнических сооружений // Научный журнал Российского НИИ Проблем мелиорации, 2015, № 4(20). – С. 262-277.
15. Юрченко И.Ф., Трунин В.В. Автоматизированное управление водораспределением на межхозяйственных оросительных системах // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование, 2012, № 2. – С. 178-184.
16. Мирцхулава Ц.Е. Расчет целесообразного срока эксплуатации почв // Доклады РАСХН, 1995, № 1. – С. 20.
17. Шишов Л.Л., Карманов И.И., Дурманов Д.Н. Критерии и модели плодородия почв. – М., 1987. – 187 с.
18. Пегов С.А., Хомяков П.М. Моделирование развития экологических систем. – Л.: Гидрометеоздат, 1991. – 222 с.
19. Балакай Г.Т., Юрченко И.Ф., Лентяева Е.А., Ялалова Г.Х. Повышение ответственности сельхозтоваропроизводителей за воспроизводство почвенного плодородия мелиорируемых земель // Агрехимический вестник, 2015, № 2. – С. 29-33.
20. Пранкевич Д.А. Популярные методы оценки эффективности внедрения ИТ-проектов / Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов VII Всероссийской научно-практической конференции для студентов и учащейся молодежи, г. Юрга, 7-9 апреля 2016 г. Т. 1. – Томск, 2016. – Изд-во ТПУ, 2016, Т. 1. – С. 395-397.

УДК 631.4:528.88

## СВЯЗЬ МЕЖДУ СОДЕРЖАНИЕМ ГУМУСА В ПАХОТНОМ ГОРИЗОНТЕ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ И ЯРКОСТЬЮ В КРАСНОМ КАНАЛЕ СПУТНИКОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

<sup>1</sup>Д.Г. Кротов, к.с.-х.н., <sup>2</sup>В.П. Самсонова, д.б.н., <sup>1</sup>Е.А. Кротова, <sup>1</sup>Е.Ю. Лавринова

<sup>1</sup>Брянский государственный аграрный университет, e-mail: krotovd@mail.ru, katerina.lavrinova514@mail.ru

<sup>2</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, e-mail: vkbun@mail.ru

*Установлена нелинейная связь между яркостью красного канала при дистанционном зондировании Земли и содержанием гумуса в пахотном горизонте серой лесной почвы. Коэффициент детерминации для уравнения оказался очень высоким ( $R^2 = 0,965$ ). Расчеты содержания гумуса с его использованием практически совпали со средними значениями, полученными при независимом определении содержания гумуса в смешанных образцах. Результаты могут быть использованы не только для целей оконтуривания, но и для размещения фиксированных точек для мониторинга содержания гумуса на угодье.*

**Ключевые слова:** серая лесная почва, содержание гумуса, дистанционное зондирование, красный канал, нелинейная связь.

## RELATIONSHIP BETWEEN THE HUMUS CONTENT IN ARABLE HORIZON OF GRAYZEMS AND THE BRIGHTNESS OF THE RED CHANNEL OF SATELLITE IMAGES

<sup>1</sup>PhD. D.G. Krotov, <sup>2</sup>Dr. Sci. V.P. Samsonova, <sup>1</sup>E.A. Krotova, <sup>1</sup>E.Yu. Lavrinova

<sup>1</sup>Bryansk State Agrarian University, e-mail: krotovd@mail.ru, katerina.lavrinova514@mail.ru

<sup>2</sup>Lomonosov Moscow State University, e-mail: vkbun@mail.ru