

МЕТОДОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Пыленок П.И.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, Мещерский филиал, г. Рязань, Россия

***Аннотация.** С учетом анализа смены мелиоративных парадигм рассматриваются методологические подходы к созданию гидромелиоративных систем нового поколения, технологическим ядром которых является рециклинг, автоматизация, биотехнологии и информационные технологии. Предложен эколого-экономический подход к обоснованию природоохранного мелиоративного режима.*

***Ключевые слова:** методология, мелиорация сельскохозяйственных земель, гидромелиоративные системы нового поколения, природоохранный мелиоративный режим, утилизация дренажных вод*

METHODOLOGY FOR CREATING A NEW GENERATION OF HYDRO-RECLAMATION SYSTEMS

Pylenok P. I.

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Meshchersky branch, Ryazan, Russia

***Abstract.** Taking into account the analysis of changes in land reclamation paradigms, methodological approaches to the creation of new-generation hydro-reclamation systems, the technological core of which is recycling, automatization, biotechnologies and information technologies, are considered. An ecological and economic approach to substantiating the environmental reclamation regime is proposed.*

***Keywords:** methodology, agricultural land reclamation, new generation hydro-reclamation systems, environmental reclamation regime, drainage water utilization*

В отечественной науке вопросам методологии мелиорации земель всегда уделялось большое внимание. Основоположник советской мелиоративной науки А.Н. Костяков в качестве ее предмета определял управление режимами почв (водным, тепловым и пищевым) не только с помощью инженерных, но также и агро-мелиоративных мероприятий, с целью создания комковатой структуры почвы и повышения ее влагоемкости [6]. Подходы к методологии создания гидромелиоративных систем (ГМС) на базе открытых каналов и закрытого дренажа, а также оптимизации мелиоративных режимов, далее были развиты в работах С.Ф. Аверьянова и его учеников [1,2]. Техническое совершенствование ГМС с учетом экологических требований освещено в работах [5,7,10]. В связи с тем, что совершенствование технологий находится в постоянном развитии с учетом экономических, энергетических и экологических требований и ограничений актуальным остается вопрос разработки методологии создания ГМС последних поколений.

Материалы и методы. Методологической основой работы является водный баланс как упрощенная форма закона сохранения энергии и вещества, системный анализ и синтез, методы инженерного творчества. Теоретические ис-

следования сочетались с натурными экспериментами на мелиоративных стационарах Нечерноземной зоны РФ.

Научная новизна исследований заключается в формировании понятия гидромелиоративного цикла, в анализе его места и роли в большом геологическом (БГК) и малом биотическом круговороте (МБК) воды и веществ, в разработке методологии создания гидромелиоративных систем, ослабляющих БГК и усиливающий МБК, обеспечивающих повышение продуктивности, экологическую устойчивость осушаемых агроландшафтов и пожарную безопасность осушаемых торфяников Нечерноземной зоны России.

Объектом исследований являются способы и техника управления круговоротом воды и химических веществ в осушаемых агроландшафтах в системе естественного геологического (большого) и биотического (малого) круговоротов.

Предметом исследований является методология создания систем управления круговоротом воды и веществ, являющихся отходами мелиоративного производства.

Результаты и обсуждение. С учетом системы методологических подходов, отраженных в работах [4,5,8], следует рассматривать исторический аспект как смену мелиоративных парадигм, технологический - в форме техники и выделения уровней ГМС, особенности стадийности создания ГМС последних поколений, а также эколого-экономическую и энергетическую эффективность.

Развитие гидромелиораций в зоне избыточного и неустойчивого увлажнения в России (СССР) претерпело смену ряда парадигм.

Первая, или осушительная парадигма исторически занимала наиболее длительный период времени. Начало ее относится ко времени строительства в 1775-1778 гг. крупной осушительной системы в мызе Рябовой Шлиссельбургского округа под Петербургом [7]. Строительство в 1854-1856 гг. систем закрытого дренажа агрономом А.Н. Козловским в Горы-Горецком земледельческом училище и академиком Н.И. Железновым в имении Нароново Новгородской губернии знаменовало новый аспект осушительной парадигмы, включающей два принципиальных способа осушения – открытыми каналами и закрытым дренажем. Научные основы и понятийное ядро этой парадигмы были разработаны значительно позже А.Н. Костяковым, С.Ф. Аверьяновым и др. учеными [2,3,6].

Научно осознанный переход ко **второй - осушительно-увлажнительной парадигме**, включающей способы и технику подпочвенного и внутрисочвенного увлажнения, поверхностного полива и дождевания можно отнести к послевоенному периоду, начиная с конца 1950-х годов, хотя шлюзование в российской мелиоративной практике применялось значительно ранее. Осушительно-увлажнительные мелиорации в этот период уже рассматриваются как неотъемлемая часть комплексных мелиораций болот и заболоченных минеральных земель, включающих, по меньшей мере, еще культуртехнические и агрохимические мелиорации. Большой вклад в разработку теории, способов и техники увлажнения осушаемых земель внесли Аверьянов С.Ф., Маслов Б.С., Голованов А.И., Коваленко П.И., Зубец В.М. и др. [2,3,6,8].

Начиная с 1970-х годов мелиоративной наукой ведется поиск путей снижения антропогенного воздействия на природную среду в целом и на мелиорируемые агроландшафты в частности. Выполненные мониторинговые исследования позволили накопить необходимые данные для разработки современных технологий, обеспечивающих не только оптимизацию водного режима почв, но и значительную часть экологических требований. В большинстве случаев, как показывает опыт, ожидаемый результат можно получить путем применения комплексных мелиораций в их современном понимании.

Отмечаемые А.Н. Костяковым [6] недостатки осушения заболоченных почв, связанные с удалением с дренажной водой «зольных питательных элементов и, следовательно, обеднение почвы не только влагой, но и пищей», в условиях интенсивного аграрного производства усугубляются возрастанием экологического риска ускоренной минерализации гидроморфных почв, загрязнения дренажными водами природных водоемов, ухудшения условий влагообеспеченности прилегающих агроландшафтов.

Это определило необходимость перехода в конце 1970-х годов к *третьей – эколого-мелиоративной парадигме*, опирающейся не только на мелиоративные достижения, но и включающей ресурсные и экологические ограничения, которые могут быть реализованы, например, с помощью водооборотных и рециклинговых технологий.

Концепция создания ГМС нового поколения вытекает из задачи максимальной адаптации мелиорации к природе, ослаблении БГК и усилении МБК, замкнутости и многократной повторяемости мелиоративного цикла «осушение-накопление-увлажнение» и может достигаться в системах рециклингового типа.

Рециклинговые технологии являются одним из инструментов решения основной задачи мелиорации земель, сформулированной В.Р. Вильямсом и А.Н. Костяковым, как усиление биологического и замедление геологического круговоротов воды и химических веществ. *Гидромелиоративный рециклинг* позволяет реализовать многократное повторное использование дренажных вод для увлажнения осушаемых почв и других целей, в т.ч. пожаротушения. Этим решается одна из главных задач гидромелиораций – ослабление большого геологического круговорота и усиление малого биотического круговорота веществ и энергии. Такое ослабление достигается благодаря противонаправленности мелиоративного водооборотного цикла и естественного гидрологического цикла как элемента большого геологического круговорота БГК.

По А.И. Голованову ГМС представляет собой одну из трех подсистем в системе мелиоративно-земледельческих сил. Они превращают воду из состояния потока в новое состояние почвенной влажности [4]. Из физического фактора природы вода в процессе потребления превращается в физиологический фактор не только жизнедеятельности сельскохозяйственных культур, но и почвенно-биотического комплекса (ПБК) в целом. Отсюда следует, что современные ГМС должны многократно и устойчиво поддерживать этот процесс превращения водного потока, включая дренажный сток, в полезную для растений и ПБК влажность. К таким системам, как было сказано ранее, относятся системы рециклингового типа, которые позволяют повторно использовать дренажные по-

ды и содержащиеся в них полезные вещества, по существу выполняют барьерные функции в мелиорируемом агроландшафте. В технологическое ядро современной эколого-мелиоративной парадигмы наряду с рециклингом должны входить автоматизация, биотехнологии и информационные технологии.

Применительно к рассмотренным мелиоративным парадигмам, а также опираясь на предложенные Б.С. Масловым и И.В. Минаевым десять классов мелиоративных систем [8], предлагаем для условий гумидной зоны России выделять пять уровней ГМС, представленных в таблице 1. К новому поколению относятся ГМС четвертого плюс и пятого поколений.

Для выделения уровней ГМС использованы такие критерии как техника осушения и увлажнения, комплексность и степень управления мелиоративным режимом агроландшафта, ресурсосбережение и общественная эффективность, включающая экономическую, экологическую и социальную компоненты. В Нечерноземной зоне России доля систем нового поколения очень мала.

Таблица 1 - Уровень ГМС гумидной зоны России

Уровень ГМС	Характеристика ГМС
I поколение	Осушительные системы на базе открытых каналов
I⁺ поколение	Осушительные системы на базе открытых каналов и шлюзования
II поколение	Осушительные системы на базе закрытого дренажа
II⁺ поколение	Осушительные системы на базе закрытого дренажа и подпочвенного увлажнения
III поколение	Осушительно-увлажнительные системы на базе закрытого горизонтального или вертикального дренажа и дождевания
III⁺ поколение	Осушительные системы с обвалованием и машинным водоотведением
IV поколение	Водооборотные осушительно-увлажнительные системы
IV⁺ поколение	Рециклинговые осушительно-увлажнительные системы с гидроавтоматизацией и многократным повторным использованием дренажных вод
V поколение	Комплексные адаптивные ГМС с автоматизацией и цифровизацией управления мелиоративным режимом

Стадии создания ГМС нового поколения. Создание ГМС нового поколения в общем случае включает ряд классических стадий, каждая из которых при этом имеет свои отличия и преимущества, обеспечивающие реализацию основных подходов и ограничений к созданию систем нового поколения (табл. 2). На каждой стадии следует добиваться соответствия результатов целевым критериям. Эти критерии включают:

- Повышение продуктивности;
- Обеспечение экологической устойчивости агроландшафтов;
- Ресурсосбережение и энергоэффективность;
- Экономическая, социальная и экологическая эффективность;
- Обеспечение пожарной безопасности.

Таблица 2 - Стадии создания гидромелиоративных систем

Стадии ГМС	Содержание требований
Предпроектная	Разработка комплексных территориальных и бассейновых схем мелиорации
Проектная	Проектные решения, обеспечивающие повышение продуктивности, экологической устойчивости агроландшафтов и пожарную безопасность
Строительная	Реализация проектных решений для расчетных (обеспеченных) гидрометеорологических параметров
Эксплуатационная	Обеспечение управления мелиоративным режимом агроландшафтов в гидрометеорологических условиях конкретных лет

На предпроектной стадии создания ГМС территориальные и бассейновые схемы мелиорации разрабатываются с учетом возможности использования каскадно расположенных мелиоративных систем как модулей для утилизации дренажных вод с командных ГМС.

На проектной стадии создания ГМС определяются объемы дренажного стока, потенциальные площади увлажнения дренажными водами при реализации операционного или сезонного рециклинга, рассчитываются объемы аккумулирующих емкостей по предлагаемым зависимостям [9,10].

На строительной и эксплуатационной стадии осуществляется реализация проектных решений по достижению целевых критериев в процессе строительства и эксплуатации ГМС в расчетные годы и в конкретных гидрометеорологических условиях. Предпочтение здесь следует отдавать формированию природоохранного мелиоративного режима.

Эколого-экономический подход к обоснованию ГМС нового поколения. Современные требования к сельскохозяйственным мелиорациям предусматривают их комплексность с оптимизацией основных параметров возделывания сельскохозяйственных культур, максимальную адаптацию гидромелиоративных систем к природным условиям, экономическую и экологическую эффективность [3, 5,7].

Мелиорируемые агроландшафты функционируют в условиях, характеризующихся наличием специфической антропогенной мелиоративной нагрузки, действующей на фоне экзогенной антропогенной нагрузки, источниками которой являются промышленность, транспорт, сельскохозяйственное производство и др. Виды антропогенной мелиоративной нагрузка на окружающую природную среду в общем случае включают ингредиентную, параметрическую, биоценотическую и стационально-деструкционную, содержание которых раскрыто в работах [9,10]. Наиболее изученными являются последствия ингредиентной нагрузки. Критерии же оценки других видов нагрузки пока слабо разработаны.

К основным критериям природоохранного режима осушения, по нашему мнению, следует относить такие показатели, как уменьшение нормированных

значений глубины залегания грунтовых вод относительно оптимальных с точки зрения требований сельскохозяйственных культур, экологические ограничения норм увлажнения, ослабление промывного водного режима, что особенно актуально для условий Нечерноземной зоны России, и др. При этом первостепенное значение приобретает вопрос об оценке количественных размеров изменения отмеченных показателей.

Размер уменьшения норм осушения и увлажнения предлагается обосновывать эколого-экономическим расчетом. При этом ущерб от снижения урожайности сельскохозяйственных культур не должен превышать ущерба в окружающей среде, который возник бы при реализации традиционных мелиоративных норм:

$$U^{exp} \leq U_{ОПС}^{max}, \quad (1)$$

где: U^{exp} - ущерб от снижения урожайности сельскохозяйственных культур при уменьшении норм осушения или увлажнения; $U_{ОПС}^{max}$ - ущерб в окружающей природной среде (в границах гидромелиоративной системы и в зоне ее внешнего влияния) при реализации нормы осушения, обеспечивающей максимальную урожайность сельскохозяйственных культур.

Такой подход позволяет с одной стороны минимизировать риски ущербов в окружающей природной среде, представляет собой адаптивный подход к использованию почвенного плодородия, а с другой обеспечивает снижение капитальных и эксплуатационных затрат на создание ГМС нового поколения.

Заключение

Разработана методология создания ГМС рециклингового типа, обеспечивающих ослабление геологического и усиление биотического круговорота воды, повышение продуктивности, пожарную безопасность и экологическую устойчивость осушаемых агроландшафтов Нечерноземной зоны России. Методология включает концепцию, мелиоративную парадигму, особенности предпроектной, проектной, строительной и эксплуатационной стадий создания ГМС. Расчет параметров рециклинговых ГМС, конструктивные схемы излагаются в авторских публикациях.

Список использованных источников

1. Аверьянов С.Ф. Расчет понижения и подъема грунтовых вод при осушения системой каналов (дрен).//Гидротехника и мелиорация, 1957, №12, с.49-61.
2. Аверьянов С.Ф. Основные научные проблемы осушения земель/ Мат. к Всесоюзн. совещ. по мелиорации почв. – М.: АН СССР, 1969. - 14 с.
3. Айдаров И. П., Голованов А. И., Никольский Ю. Н. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель. – М.: Агропромиздат, 1990. – 60 с.
4. Голованов А.И. Методология мелиорации// Природообустройство, 2009, №4, с.5-16.
5. Кирейчева Л.В. Методология управления мелиоративным режимом сельскохозяйственных земель при проведении гидромелиорации//Развитие мелиорации в гармонии с природой. Научное издание. – М: изд. ВНИИА, 2014, с.179– 188 с.
6. Костяков А.Н. Основы мелиораций. 6 изд. –М.: Сельхозгиз, 1960. – 622 с.
7. Маслов Б.С. Комплексная мелиорация: становление и развитие. – М.: Россельхозакадемия, 1998.- 280с.

8. Маслов Б.С. Минаев И.В. Осушительные системы XXI века. – М.: Россельхозакадемия, 1997. – 80 с.
9. Пыленок П.И. Гидромелиоративный рециклинг. Научное обоснование, технология, экология. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018.-258 с.
10. Пыленок П. И., Сидоров И. В. Природоохранные мелиоративные режимы и технологии. – М, Россельхозакадемия, 2004. -323 с.

References

1. Averyanov S. F. Calculation of lowering and lifting of ground water when draining the canal system (drain).// Hydrotechnics and melioration, 1957, N 12, p. 49-61.
2. Averyanov S. F. Main scientific problems of land drainage/ Mat. to the all-Union. no. on soil reclamation. - Moscow: USSR Academy of Sciences, 1969. - 14 p.
3. Aidarov I. P., Golovanov A. I., Nikolsky Yu. N. Optimization of reclamation regimes of irrigated and drained agricultural lands. - Moscow: Agropromizdat, 1990. - 60 p.
4. Golovanov A. I. methodology of land reclamation// Nature management, 2009, N 4, p. 5-16.
5. Kireicheva L. V. Methodology of management of reclamation regime of agricultural lands during hydro-reclamation//Development of land reclamation in harmony with nature. Scientific publication. - M: ed. VNIIA, 2014, p. 179-188 p.
6. Kostyakov A. N. Fundamentals of land reclamation. 6 ed. - Moscow: Selkhozgiz, 1960 – - 622 p.
7. Maslov B. S. Complex melioration: formation and development. - M.: ROS-agricultural Academy, 1998. - 280s.
8. Maslov B. S. Minaeev I. V. Drainage systems of the XXI century. - Moscow: Rosselkhoz nadzor, 1997. - 80 p.
9. Pylenok P. I. hydro-Reclamation recycling. Scientific justification, technology, ecology. - LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. -258 p.
10. Pylenok P. I., Sidorov I. V. Environmental reclamation regimes and technologies. - M, Russian agricultural Academy, 2004. -323 p.

УДК 631.6+631.95

DOI 10.37738/VNIIGiM.2020.23.47.024

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РЕЖИМА УВЛАЖНЕНИЯ ОСУШАЕМОЙ АЛЛЮВИАЛЬНОЙ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Пыленок П.И.

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, Мещерский филиал, г. Рязань, Россия

Аннотация. Рассматриваются результаты исследования по изменению мелиоративного режима аллювиальных почв Окской поймы под действием изменения климата. Предлагаются параметры адаптированного к этим изменениям режима увлажнения раннего картофеля с использованием дренажных вод. Экологическая сезонная норма увлажнения составляет 155 мм.

Ключевые слова: Климат, осуходоливание поймы, аллювиальные почвы, дренажные воды, природоохранный режим увлажнения, экологическая норма увлажнения

FEATURES OF THE OPERATIONAL MODE OF HUMIDIFICATION OF THE DRAINED ALLUVIAL SOIL IN CONDITIONS OF CLIMATIC CHANGE