

ПОДХОДЫ К ИННОВАЦИОННОМУ РАЗВИТИЮ КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ АГРОЛАНДШАФТА

Л.В. Кирейчева

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, г. Москва, Россия

Переход сельского хозяйства и его мелиоративного сектора к наукоемкой отрасли экономики невозможен без формирования конкурентоспособной инновационной системы, представляющей собой совокупность взаимосвязанных организационных структур, занятых производством и коммерческой реализацией знаний и технологий. Инновации являются целью исследовательской деятельности научных организаций, работающих в конкурентной среде как на внутреннем, так и на международном рынках, а инновационные технологии базируются на достижениях фундаментальных и приоритетно-прикладных научных исследований и разработок. В мелиоративной сфере под инновацией можно понимать совокупность методов, приемов и технологий, применяемых на всех стадиях разработки, строительства или реконструкции, эксплуатации и последующего функционирования мелиоративной системы и гидротехнических сооружений, обеспечивающих средствами комплексной мелиорации наиболее эффективное и экологически регламентированное использование природно-ресурсного потенциала независимо от климатических изменений, природных аномалий и антропогенной нагрузки.

Для того чтобы сформировать инновационную систему мелиораций, необходимо создать методологию обоснования необходимости и целесообразности развития комплексных мелиораций, теоретические основы экономически эффективного и экологически устойчивого функционирования мелиоративных систем в разных природных условиях, разработать модели управления мелиоративными режимами орошаемых и осушаемых земель и инженерными сооружениями мелиоративных систем. Провести исследования и внедрить инновационные технологии и технические средства для восстановления существующих, но неэффективно действующих мелиоративных систем, и строительства систем нового поколения. Предложить адаптивные системы агро-мелиоративных приемов и способов для повышения плодородия деградированных почв и продуктивности земель до экологически обоснованного продукционного потенциала, способствующих устойчивому развитию земледелия на мелиорированных землях. Разработать комплексы фитомелиоративных, противозерозионных и других мероприятий для рекультивации деградированных ландшафтов, борьбы с опустыниванием территорий, восстановления пастбищ и экологического каркаса агроландшафтов.

Методология обоснования развития комплексных мелиораций и управления продукционным потенциалом основана на принципах формирования продуктивного и устойчивого мелиорированного агроландшафта [1]. При конструировании мелиорируемого агроландшафта априори принимается следующее:

- вещественно-энергетические потоки и массы в агроландшафте должны упорядочить пространство и придать черты организованной совокупности;

- интенсивность круговорота веществ и биологическая продуктивность агроландшафта определяется соотношением тепла и влаги, которое формализовано радиационным индексом сухости – R/Lx , где R - годовой радиационный баланс, L - осадки, x - скрытая теплота испарения;

- пространственно-временная неоднородность свойств потоков, масс и продуктов их взаимодействия, различный временной и пространственный масштаб потоков обуславливает разнокачественность геосистем и их иерархичность.

Методология конструирования агроландшафта включает следующие процедуры (рис. 1):

1. Определение величины турбулентной энергоотдачи почвы и растительного слоя в окружающую среду, представляющую собой разницу между радиационным балансом, энергией почвообразования и энергией, аккумулированной в продукции фитомассы и почвенном гумусе. Для обеспечения устойчивости земледелия необходимо, чтобы величина энергоотдачи при мелиоративном воздействии снижалась по сравнению с исходным состоянием, т.е. эффективность использования поступающей солнечной энергии должна увеличиваться. Это обусловлено изменением следующих параметров при мелиоративном воздействии:

-радиационного баланса (на 3-6 % в зависимости от типа почвы) за счет увеличения/уменьшения величины альбедо;

-повышением энергии почвообразования за счет увеличения испаряемости и учета водопотребления сельскохозяйственных культур. На основных типах почв РФ энергия почвообразования повышается в среднем в 1,5 раза.

-увеличением энергии, аккумулируемой в продукции фитомассы и почвенном гумусе. Накопленная энергия органического вещества фитомассы при мелиорации возрастает в 2-8 раз в зависимости от типа почвы.

2. Обоснование увеличения продукционного потенциала сельхозугодий в пределах агроландшафта за счет проведения различных видов и комплексов мелиоративных мероприятий. С этой целью выполняется энергетическая оценка почвообразовательных процессов в естественных условиях и при проведении комплексных мелиораций, на основе которой принимается решение о возможности и целесообразности проведения комплексных мелиораций.

3. Оценка экологической устойчивости агроландшафта.

Функционирование агроландшафта предполагает наличие постоянного антропогенного, в т.ч. мелиоративного, воздействия на все его компоненты, которое может быть различным по интенсивности и продолжительности. Для того, чтобы предотвратить возможность необратимых изменений в агроландшафте, важно предвидеть результат этих воздействий, знать предельно допустимые величины нагрузок, а также уровень устойчивости составляющих агроландшафта к антропогенному фактору. С этой целью вводятся экологические ограничения для всех иерархических уровней рассмотрения геосистемы на мелиоративную деятельность[2].

4. Проведение сценарных исследований, методика выполнения которых предполагает осуществление следующих этапов:

Выбор траектории развития агроландшафта и формирование различных вариантов проведения комплексной мелиорации агроландшафтов. Формирование вариантов развития комплексной мелиорации агроландшафта проводится с

использованием ГИС-технологий на основе анализа его современного состояния и технических возможностей региона.

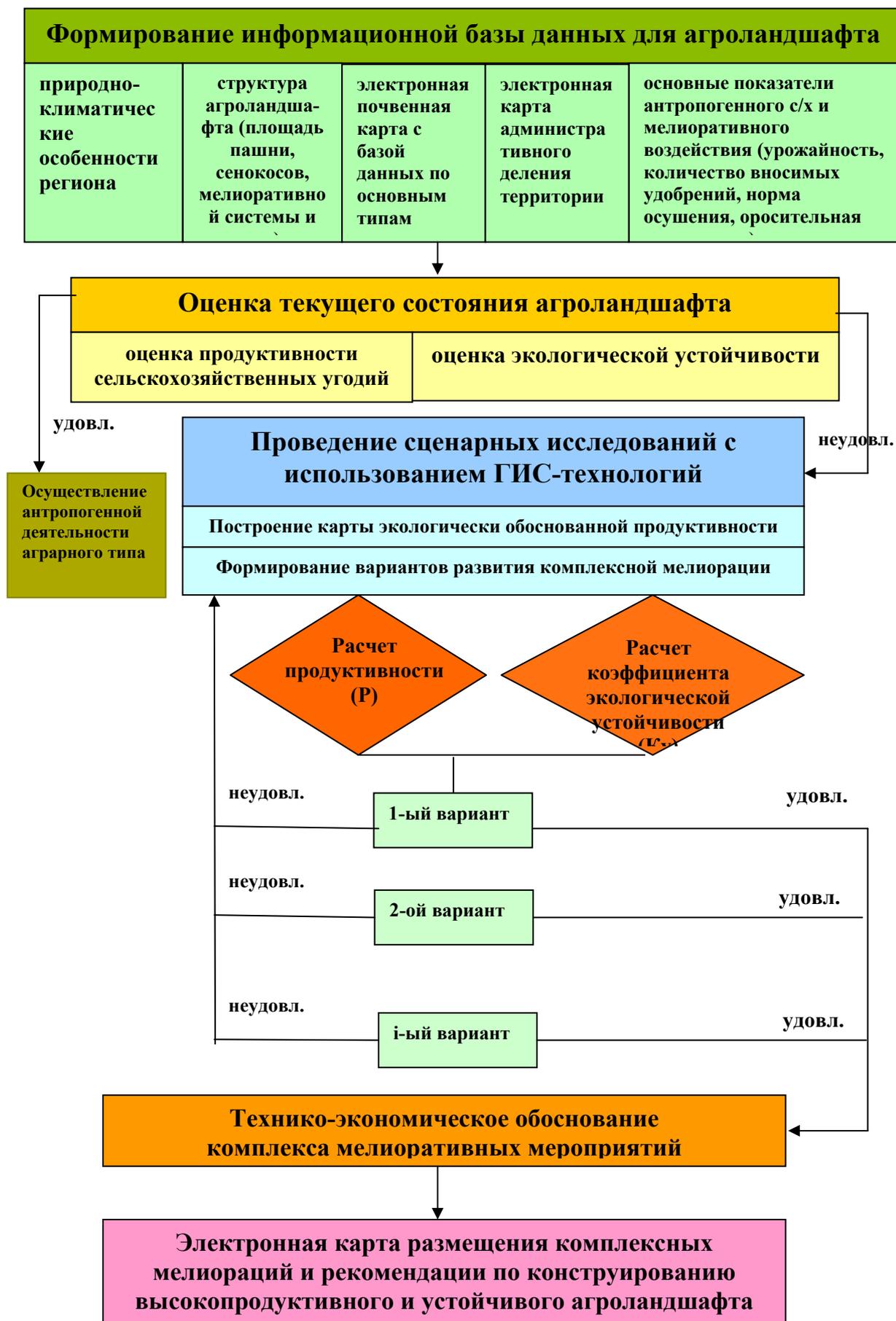


Рисунок 1 – Блок-схема конструирования высокопродуктивного и устойчивого агроландшафта

Обоснование экологических ограничений на величину продуктивности сельскохозяйственных угодий, коэффициент устойчивости агроландшафта и показатели антропогенной (мелиоративной) деятельности для выбранного объекта. Выполнение расчетов устойчивости ландшафта при различных заданных значениях продуктивности агроландшафта для всех рассматриваемых вариантов.

Оценка экологических показателей функционирования агроландшафта при заданной продуктивности: коэффициента экологической устойчивости агроландшафта, коэффициента энергетического ресурса почв, значений изменения запасов гумуса и показателей мелиоративного режима. Если коэффициент устойчивости не соответствует критериальному значению ($K_y < 0,7$), то назначенный комплекс мелиоративных мероприятий корректируется.

Выбор наиболее приемлемого сценария комплекса мелиоративных мероприятий осуществляется на основе проведения технико-экономических расчетов. В результате проведения сценарных исследований выбирается вариант, обеспечивающий экологически обоснованную величину продуктивности сельскохозяйственных угодий.

5. Определение эколого-экономического эффекта от развития мелиораций и разработка рекомендаций по выбору приемлемого варианта адаптивного комплекса мелиоративных и агротехнических мероприятий. Построение электронной карты размещения комплексных мелиораций с использованием ГИС-технологий.

Предложенная методология позволяет обосновать в любых природных условиях эффективный комплекс мелиоративных мероприятий, обеспечивающий экологически обоснованный продукционный потенциал, который следует поддерживать соответствующими инженерными мелиоративными сооружениями и агро-мелиоративными приемами, что также требует разработки инновационных технологий функционирования мелиоративных систем.

Эффективное функционирование мелиоративных систем предполагает адекватное управление геологическим, биологическим и техногенным круговоротами воды и химических элементов, включая биогенные, что обеспечит создание необходимого мелиоративного режима с целью повышения продукционного потенциала. Еще в 1931 г. А.Н.Костяков писал: «Такое совместное управление геологическим и биологическим круговоротом воды и зольных питательных веществ может быть достигнуто ... при условии комплексной взаимосвязи системы мелиоративно-гидротехнических методов и системы агротехнических методов в единое целое мелиоративное мероприятие, отвечающее природным и хозяйственным условиям данного района»[3].

Известно, что вода и питательные вещества, определяющие регулирование основных факторов жизни растений, находятся в состоянии непрерывного круговорота, причем их направление совпадает, но скорости существенно различаются в связи с тем, что зольные и химические элементы принимают участие как в биологическом, так и в техногенном круговороте и оказывают существенное влияние на молекулярные процессы в почве. Учитывая, что почва имеет сложную организацию, где наряду с химическими реакциями,

значительную роль играют микробиологические процессы, управление мелиоративным режимом должно быть направлено на усиление внутреннего влагооборота, обеспечивающего сбалансирование процессов накопления и минерализации органического вещества и приводящего к повышению плодородия почвы при удовлетворении потребности растений в воде и элементах питания. В условиях повышенной влажности и недостатка аэрации в почве преобладают анаэробные процессы накопления органического вещества, при дефиците влаги и обеспеченной аэрации в почве преобладают аэробные процессы разложения органического вещества. Процессами превращения веществ управляют потоки энергии, поэтому представляется целесообразным перейти от вещественной к энергетической оценке почвенных процессов, определяющих мелиоративный режим почвы (рис. 2).

В процессе производства растениеводческой продукции в агрогеоценозе увеличивается количество исходящей энергии и снижается количество энергии, возвращаемой в почву. Для решения проблемы устойчивого повышения плодородия необходимо не только повысить количество возвращаемой в почву энергии, но и сохранить установившееся соотношение энергетических потоков посредством управления мелиоративным режимом. Роль почвы состоит, в том числе, и в обеспечении постоянства потока энергии в биогеоценозе за счет изменения скорости трансформации электромагнитной энергии в энергию химических связей путем повышения или снижения плодородия и аккумуляции или минерализации почвенного гумуса [Кук, 1970]. Недостаток существующих методов заключается в том, что они не учитывают биохимической направленности процессов трансформации органического вещества в почве, в то время как минерализация и гумификация рассматриваются изначально как совокупность биохимических реакций. Поэтому для расчета энергетического потенциала органических соединений почвы и фитомассы может быть использована стехиометрия процесса биологического аэробного окисления, предложенная О.Б.Хохловой, что ею обозначено как «биоэнергетический потенциал» (БЭП).[4]. Предлагаемый метод позволяет рассчитать величину затрат энергии в почвообразовании на биологические процессы на основе термодинамической оценки сопряженных реакций: изменения свободной энергии системы в процессе синтеза АТФ (аденозинтрифосфатная кислота). Определив, какое количество АТФ может быть синтезировано на данном органическом субстрате, можно рассчитать потенциальную энергию органического вещества во всех биологических процессах, т.е. биоэнергетический потенциал органических молекул (БЭП). Следовательно, при планировании устойчивого повышения почвенного плодородия в процессе управления мелиоративным режимом целесообразно использовать энергетический критерий оценки, как почвенного гумуса, так и вносимых органических веществ на основе расчетов БЭП.

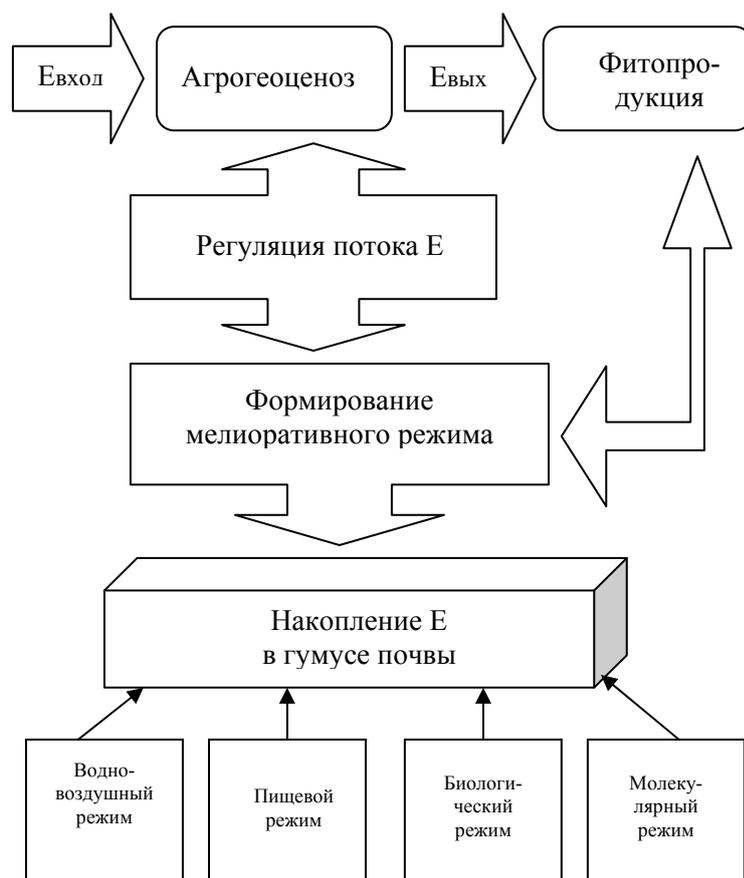


Рисунок 2 –Трансформация энергетического потока в агрогеоценозе

В этой связи нами предлагается следующее определение мелиоративного режима как закономерного изменения состояния агрогеосистемы, обусловленного регуляцией потока энергии, определяемого балансом входящей и исходящей энергии. Регуляцию потока энергии обеспечивает система мелиоративных и агротехнических мероприятий. Критерием благоприятности мелиоративного режима является приращение энергии (ΔG) в природном объекте в зависимости от природных и хозяйственных условий, представляющее собой необходимое количество энергетических ресурсов для обеспечения воспроизводства почвенного плодородия (таблица 1.). В качестве основных показателей можно использовать величину влагообмена в почве, химический состав и pH почвенного раствора, наличие биогенных веществ в растворе и твердой фазе, биоэнергетический потенциал почвы.

Исходя из вышесказанного, при управлении мелиоративным режимом обязательным приемом является внесение дополнительной энергии путем поступления в почву органоминеральных веществ, обеспечивающих, наряду с обогащением почвы органическим веществом, повышение ее коллоидной фракции. С этой целью разрабатываются инновационные технологии создания новых удобрительно-мелиорирующих смесей. В условиях острой нехватки традиционных органических удобрений при создании мелиорирующих смесей возможно использовать различные органические отходы.

Таблица - 1 Приращение энергетических ресурсов для разных типов почв при управлении мелиоративным режимом (данные О.Б.Хохловой)

Типы почв	Дерново-подзолистая	Серая лесная	Черноземы	Каштановая	Бурая полупустынная
Приращение энергетических ресурсов (ΔG), ГДж/га	116	129	351-442	176	57

Во ВНИИГиМе разработана и внедрена инновационная технология ускоренного получения экологически безопасных, эффективных удобрительно-мелиорирующих смесей (УМС), адаптированных для конкретных почвенных условий. Технология приготовления смеси основана на нейтрализации высокой щелочности осадка за счет увеличения содержания органического вещества, которое, в силу вещественного состава, как правило, имеет кислую среду, обогащения композита минеральными удобрениями и компостирования смеси с привнесенными культурами почвенных микроорганизмов. Для получения компостов лучше всего использовать торф. Количественный состав компонентов рассчитывается на основе оптимального количества органического вещества (не менее 50%) и показателя кислотности pH 6,5-7,5.

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 за счет образования центров коагуляции. Например, при создании УМС на основе карбонатного сапропеля разработана и апробирована следующая технология:

сапропель промораживается, высушивается до 10-15% влажности, гранулируется, оптимальный размер гранул 1-2 мм;

сапропель и торф перемешиваются в соотношении, обеспечивающем увеличение биогенной энергии почвенного гумуса на оптимальном уровне для данного типа почв;

смесь сапропеля и торфа обрабатывается суспензией почвенных микроорганизмов из расчета 1л раствора на 1т смеси. Влажность смеси доводится до 55-60%, температура 22-24°C.;

смесь компостируется в бурте одну неделю и вновь перемешивается, затем компостируется еще 2 недели.

Одна тонна приготовленного субстрата содержит около 5 ГДж энергетических ресурсов. Для создания необходимого мелиоративного режима, обеспечивающего воспроизводство почвенного плодородия необходимо внести в дерново-подзолистую почву 28 т/га, а при регулировании мелиоративного режима черноземов необходимо внести от 70 до 88 т/га.

Основой управления мелиоративным режимом является управление внутренним влагооборотом путем проведения частых поливов нормами, близкими к эвапотранспирации орошаемого поля и поддержание в корнеобитаемом слое влажности почвы, обеспечивающей как потребность растений в воде, так и формирование сбалансированного процесса накопления и минерализации

органического вещества, приводящего к повышению плодородия почвы.

Инновацией в этом направлении является разработка малообъемных технологий орошения. Системы малообъемного орошения обеспечивают возможность ресурсосбережения путем использования технических средств, наиболее отвечающих требованиям ландшафтного подхода в мелиорации. Особенностью систем малообъемного орошения является одинаковое значение гидромодуля, что позволяет применять их на одной оросительной сети в различных комбинациях, а это обеспечивает наиболее рациональное использование водных ресурсов.

Во ВНИИГиМе [5] разработаны и апробированы инновационные технологии орошения: комбинированное капельное и мелкодисперсное орошение, что обеспечивает регулирование как режима влажности почвы, так и приземного слоя атмосферы; технология дробного внесения с поливной водой по фазам развития растений макро- и микроэлементов, использование которой позволило снизить количество вносимых удобрений и увеличить урожайность овощей более чем в 2 раза при существенном улучшении качества продукции. Указанные технологии обеспечивают оперативное регулирование показателей мелиоративного режима, что позволяет поддерживать почвообразовательный процесс в заданном направлении. Разработанные технологии обеспечивают снижение интенсивности водоподдачи на 20-30%, экономию водных, материальных и энергетических ресурсов на 12-20%, управление питательным режимом.

Важное значение при управлении мелиоративным режимом должно отводиться оценке влияния глобального изменения климата, последствий природных аномалий и увеличивающейся антропогенной нагрузки на почвенный покров. Известно, что после значительного иссушения или достаточно длительного переувлажнения почвы меняется характер ее основной гидрофизической характеристики (ОГХ). Также установлено, что тяжелые металлы, вступая в реакции с почвенно-поглощающим комплексом, меняют ОГХ (Поляков и др., 1977). Это приводит к необходимости корректировки мелиоративного режима путем изменения диапазонов поддержания влажности почвы и внутреннего влагооборота. Для корректировки мелиоративного режима почв разработаны информационные технологии прогноза водного, питательного и солевого режима, а также динамики запасов гумуса почв и миграции тяжелых металлов.

Формирование и управление мелиоративным режимом тесно связано с управлением инженерными мелиоративными системами, которое базируется на разработке информационных технологий, как приоритетного направления при эксплуатации мелиоративных систем.

Таким образом, инновационные технологии, технические средства и мелиоративные системы, реализующие комплексную мелиорацию земель, должны обеспечить создание и управление необходимым мелиоративным режимом, а также экологическую устойчивость и высокую продуктивность агроландшафта за счет предотвращения процессов его деградации. Это повысит социально-экономическую эффективность развития сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях, получение качественной сельхозпродукции в любые по погодным условиям годы.

Литература

1. Кирейчева Л.В., Белова И.В. и др. Технология управления продуктивностью мелиорируемых агроландшафтов различных регионов Российской Федерации. Изд. Россельхозакадемии, М.2008
2. Кирейчева Л.В., Яшин В.М. Показатели и критерии экологической безопасности функционирования мелиоративных систем. Материалы 3-ей международной научно-практической конференции. Изд. ООО «Босиком», Россия, г. Краснодар, 2010
3. Костяков А.Н. Основы мелиорации. Госсельхозиздат, М.1951
4. Хохлова О.Б. Методика расчета биоэнергетического потенциала органического вещества. В кн. Л.В.Кирейчева, И.В.Белова и др. Эколого-экономическая эффективность комплексных мелиораций Барабинской низменности