

Литература

1. Белослудцева В.Г. Формирование мелиоративных режимов бурых полупустынных почв при возделывании люцерны 2-3-го года в условиях Калмыкии.// Проблемы социально-экономического развития аридных территорий России, Т.1 М-2001, с.330-338.
2. Кац Д.М. Влияние орошения на грунтовые воды М., Колос.1976
3. Руднева Л.В. Ресурсосберегающие технологии возделывания кормовых культур в полупустынной зоне Прикаспия.//Автореф. дисс. д.с-х.н.М.:ВНИИГиМ, 1995.
4. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение. Справочник. Под ред. Б.Б.Шумакова.- М.: Колос, 1999, с.12-13.
5. Яшин В.М. Инфильтрационное питание грунтовых вод на орошаемых землях.//Материалы Второй междунар. научной конф. «Эволюция и деградация почвенного покрова». Ставрополь, 2002, Т. 1,с.214-217
6. Van Dam, J.C., J. Huygen, J.G. Wesseling, R.A. Feddes, P. Kabat, P.E.V. van Walsum, P. Groenendijk, C.A. van Diepen, 1997. SWAP version 2.0, Theory. Simulation of water flow, solute transport and plant growth in the Soil-Water-Atmosphere-Plant environment. Technical Document 45, DLO Winand Staring Centre, Report 71, Department Water Resources, Agricultural University, Wageningen. (англ).

МЕЛИОРАЦИЯ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

УДК 631.452:631.4.001.575

О РАЗВИТИИ ПОЧВЕННО - АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ

Д.С. Булгаков, д.с.-х.н.

Почвенный институт им. В. В. Докучаева, Москва, Россия

Проводимые экономические реформы в агропромышленном комплексе определили необходимость смены парадигмы развития земледелия: от зональных систем к адаптивно-ландшафтным. Это обстоятельство обусловлено тем, что природные условия России исключительно разнообразны, и зональной дифференциации ее территории недостаточно для принятия управленческих решений в регионах, что создает дополнительные сложности при формировании экономического пространства с рыночными отношениями. Детальный учет природных условий территорий на любых уровнях особенно важен в настоящее время, когда использование материально-технических ресурсов ограничено, а формирование благоприятных условий для сельскохозяйственного производства за счет антропогенного воздействия затруднено. Поэтому особую актуальность приобретают проблемы адаптации сельскохозяйственного производства к конкретным ландшафтным условиям с целью ведения хозяйства с большей экономической эффективностью на основе агроэкологического подхода. Стала очевидной необходимость более эффективного учета требований сельскохозяйственных культур на основе объективной агроэкологической оценки состояния земель сельскохозяйственного назначения. Такой учет может быть осуществлён в рамках почвенно - агроэкологического районирования территории на уровнях

генеральном, региональном, хозяйственном с тем, чтобы информация, собранная в одной системе, была доступна для разных уровней управления: от министра до руководителя землепользования.

Под почвенно-агроэкологическим районированием понимается подразделение территории по комплексу параметров, характеризующих современное состояние агроэкосистем с учётом природных и антропогенных воздействий, обуславливающих эволюцию этих систем. Целью такого районирования является отражение объективной информации о почвенно-сельскохозяйственных ресурсах, прогноз их изменения с учётом меняющейся экологической обстановки.

В качестве критериев выделения таксонов районирования используется набор параметров, характеризующих комплекс природных условий агроэкосистемы (климат, рельеф, состав почвенного покрова, гидрогеологические условия). В качестве дополнительной информации учитывается сложившаяся совокупность обусловленных социально-экономическими факторами антропогенных воздействий – специализация сельскохозяйственного производства, системы земледелия, мелиорации и др., необходимо иметь в виду и возможность оптимизации использования природно-территориальных комплексов.

При этом следует учитывать, что при районировании любой территории могут использоваться два подхода: региональный (или индивидуальный) и типологический. Нередко эти подходы противопоставляются друг другу, что вряд ли обоснованно, поскольку они имеют разные цели: при региональном - выделяются в один регион смежные природные сложившиеся производственно-территориальные комплексы, не имеющие принципиальных различий на определённом, наиболее высоком (зона, провинция) таксономическом уровне; типологический подход позволяет выделять класс одинаковых типов местности, где бы они не встретились территориально.

Почвенно-агроэкологическое районирование территории может использоваться при установлении оптимальных (с экологической и экономической точек зрения) ареалов возделывания сельскохозяйственных культур с учётом агроэкологического потенциала; при определении территорий и регионов с различной степенью проявления природно-антропогенной деградации почв и почвенного покрова.

История почвенно-агроэкологического районирования территории России начиналась с В.В. Докучаева (1883), и Н. М. Сибирцева (1896), продолжена Л. И. Прасоловым (1922), И. П. Герасимовым (1939), Н. Н. Розовым и Д. И. Шашко (1954-1983). При районировании акцент делается на значимость почвенного покрова, как «зеркала ландшафта».

В.В. Докучаев предложил провести исследования черноземной зоны Европейской части России, разделив территорию "... на основании ее орографического, почвенного, а частью и геологического характера, на следующие шесть районов: 1) северная черноземная полоса; 2) юго-западная; 3) центральная; 4) заволжский черноземный край; 5) побережья Черного и Азовского морей; 6) южные окраины (стр. 40)."

По сути, это и был первый опыт зонально-регионального почвенного районирования в современной терминологии. На основании проведенного ретроспективного анализа работ по почвенному районированию нами выделено 4-е основных этапа его развития. **Первым этапом** разработки "зонирования" (современный термин - районирование) почвенного покрова можно считать тот момент, когда появились работы В.В. Докучаева - "Русский чернозем" (1883, 1949) и "К учению о зонах природы" (1899, 1949), а также Н.М. Сибирцева - "Краткий обзор главнейших почвенных типов России" (1896, 1953). Эти труды заложили основу для различных видов почвенного, а точнее почвенно-экологического районирования (как регионального, так и генерального).

История собственно агроэкологического районирования началась с Г.Н. Высоцкого (1904) и была продолжена В.В. Талановым, В. Н. Кузьминым, (1933), Н. И. Вавиловым, (1940), Л. Г. Раменским (1938), К. В. Зворыкиным (1978, 1985), в результате чего было разработано понятие «типов земель», основывающееся на приоритете растительной ассоциации. Впоследствии этот подход, собственно экологический, получил развитие в работах растениеводов, стремившихся рост, развитие и распространение растительных видов или их групп (ассоциаций) связать с географическими регионами, почвенным покровом, типами почв (Растениеводство СССР, 1933; В.В. Таланов и др., 1933; Л.Г. Раменский, 1950; Н.И. Вавилов, 1940, 1957). В то же время почвенно-экологическое районирование (с акцентом на почвенный покров) активно разрабатывалось почвоведом-географами.

Развитие этих подходов привело к тому, что в настоящее время имеется достаточное количество различных видов районирования, которые можно систематизировать, как районирование общего типа (климатическое, физико-географическое, ландшафтное, почвенно-географическое, естественно-историческое и др.) и прикладное районирование (агроклиматическое, природно-сельскохозяйственное, агрономическое, агрохимическое, агроэкономическое и др.). Понимая необходимость разработки генеральной стратегии развития сельского хозяйства и адаптивного управления продукционным процессом агроландшафтов на длительный период, кратко проанализируем принципы районирований генерального (в масштабе страны) уровня. В основе почвенно-агроэкологического районирования такого уровня, представленного, например, природно-сельскохозяйственным районированием, используется зонально-провинциальный принцип оценки информации, который позволяет определить соотношения между влаго- и теплообеспеченностью изучаемой территории как с точки зрения почвообразовательного процесса, так и с точки зрения онтогенеза культурной растительности. Природно-сельскохозяйственное районирование является развитием почвенно-географического и агроэкономического (микросельскохозяйственного районирования). «Природно-сельскохозяйственное районирование земельного фонда СССР» (1975 и 1983 гг.) объединило в себе природный (агроэкологический) и агроэкономический подходы.

В этих районированиях введена, в отличие от почвенно-географического, собственно сельскохозяйственная информация (оценка биоклиматического потенциала, направление и специализация сельского хозяйства). В тоже время надо учитывать, что эти типы районирования разрабатывались на основе различ-

ных атрибутивных и картографических материалов обзорного масштаба, далеко не всегда сопоставимых. Информация, заложенная в содержании этих типов районирования, слишком обобщённая и могла использоваться управляющими структурами только для принятия решений общегосударственного, стратегического характера. Для решения задач адаптивно-ландшафтного земледелия на регионально-хозяйственном уровне этой информации недостаточно.

В Почвенном институте им. В.В. Докучаева, проводились и продолжают проводиться научные исследования по разработке почвенно-агроэкологических видов районирования. В последние годы опубликован целый ряд разработок этого направления, и в том числе:

- «Почвенно-агрономическое районирование и агрономическая характеристика почв основных регионов СССР» (Науч. тр., 1982 г);
- «Особенности использования почв южно-таежной, лесостепной, степной и сухостепной, пустынной, предгорно-субтропической и горной зон» (Методические и справочные материалы, 1-4 выпуски, 1988-1990 гг. – под грифом отд. земледелия РАСХН);
- «Типизация почвенного покрова и почвенно-географическое районирование Ярославской области (в монографии: «Почвенный покров Нечерноземья и его рациональное использование», 1986 г);
- «Комплексное почвенно-агромелиоративное районирование пахотных земель СССР» (1989 г., рис. 1).
- «Природно-сельскохозяйственное районирование территории областей, краев, АССР и республик» (Земельные ресурсы СССР, ч. 1, 1990г., совместно с Государственным институтом земельных ресурсов -ГИЗР);
- «Почвенно-агроэкологическое районирование как дальнейший этап развития районирований для целей сельского хозяйства» (в кн. «География и картография почв», «Наука», 1993 г.);
- «Агроэкологическая группировка и картографирование пахотных земель для обоснования адаптивно-ландшафтного земледелия» (под грифом отд. земледелия РАСХН, методические рекомендации, 1995 г);
- «Ландшафтно-сельскохозяйственная типизация территории» (под грифом отд. земледелия РАСХН, методическое пособие, 1997);
- «Агрландшафтная экологическая почвенно-мелиоративная карта Центра Нечерноземной зоны РФ» (масштаб 1:1500000, изд. ЭКОР, 2000 г.) совместно с ВНИИ мелиоративного земледелия и кафедрой мелиорации почв МГУ им. М. В. Ломоносова.

Важно отметить что, характер сельскохозяйственного использования земель может и должен определяться при районировании разного масштаба и географического уровня: меньше 1:1 млн. (Россия), 1: 500 тыс. (географический регион), 1: 100-300 тыс. (субъект федерации), 1: 50 тыс. (муниципальное образование), 1:25-10 тыс. (хозяйство).

В настоящее время, когда формируются новые правовые отношения в экономике, изменились границы государства требуется и новая информационная, законодательная и экономическая базы для создания научно обоснованного учёта экологических и экономических показателей как в целом в агропромышленном комплексе, так и при разработке новых адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Именно поэтому весьма актуальна разработка и принятие докумен-

Схема комплексного почвенно-агромелиоративного районирования пахотных земель СССР

Горные регионы: 13 — Кавказско-Крымско-Карапатский; 14 — Среднеазнатский; 15 — Урало-Южно-Сибирский; 16 — Урало-Северо-Сибирский; 17 — Индексы почвенно-мелиоративных регионов (1—13), расшфровку см. в тексте; 18 — индексы горных регионов; 19 — границы природно-сельскохозяйственных зон; 20 — границы почвенно-мелиоративных регионов; 21 — границы горных областей

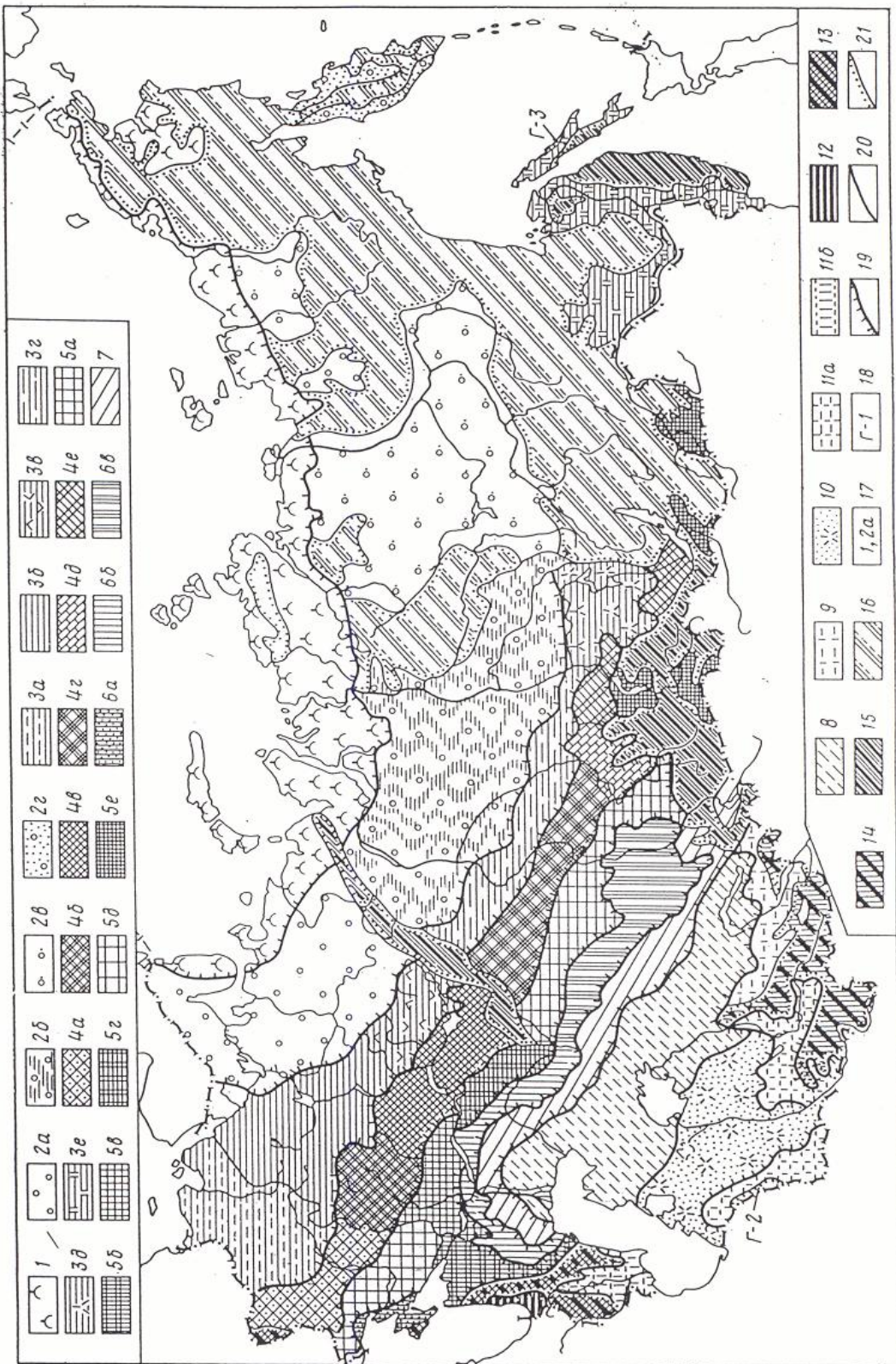


Рис -агромелиоративного

тов, регулирующих правовые земельные отношения между субъектами федерации и федеральными структурами на основе учёта особенностей природных комплексов. В Федеральном законе «О землеустройстве» имеется ссылка на природно-сельскохозяйственное районирование земель, что предопределяет необходимость его совершенствования.

Известным недостатком имеющегося природно-сельскохозяйственного районирования является отсутствие общей современной концепции непосредственно для России, проработанности его низших рангов, начиная с округа, в том числе для муниципальных образований. Для низшего иерархического уровня целесообразно выделять группы и подгруппы земель по их пригодности к сельскохозяйственному использованию. Методические проработки в этом направлении проведены в институте, утверждено коллегией Госкомзема (07.12.1999 г.) «Руководство по природно-хозяйственной группировке почв (земель) с определением их устойчивости к деградации» (М, 1997), однако оно не получило широкого публичного освещения и применения в системе отрасли. Кроме того, возникла необходимость конкретизации условий возделывания сельскохозяйственных культур на региональном и хозяйственном уровне. Содержание существующих мелкомасштабных типов районирования не позволяет решать эти задачи. Для этого необходимо учитывать требования конкретных сельскохозяйственных культур на уровне хозяйства или природного региона с использованием как раз типологического подхода и с выделением характерных типов земель.

В Почвенном институте им. В. В. Докучаева на протяжении ряда лет проводятся исследования в этой области. В частности, была разработана «Карта продуктивности земель Ливии» на основе классов земель, что позволило составить группы земель для конкретных культур. В работе «Ландшафтно-сельскохозяйственная типизация территории» (РАСХН, 1997) представлена иерархическая структура ландшафтно-сельскохозяйственной типизации территории с использованием характерных для конкретного таксономического уровня критериев. Одновременно разрабатывались методические подходы по картографическому отображению наиболее мелких территориальных единиц – элементарных ареалов агроландшафта, объединяемых затем в агроэкологические группы земель. Они содержат сведения о геолого-геоморфологических условиях, структуре почвенного покрова, морфометрии, деградации и т. п., что позволяет определить сельскохозяйственные выделы, дифференцировать агропроизводственные мероприятия, оценить правильность нарезки производственных участков и т. д. Однако эти разработки не ориентированы в достаточной степени на современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур, на изменившиеся экономические условия и требуют дальнейшего совершенствования.

Возможно с этим связано то обстоятельство, что названные методические разработки широкого применения не получили. Их апробация на уровне отдельных регионов или хозяйств не решает возникших новых задач, что в итоге сдерживает развитие работ по проектированию адаптивно-ландшафтных систем земледелия, включающих и мелиоративные мероприятия. Таким образом, на-

учные разработки по агроэкологическому районированию достаточно актуальны. Важным условием проведения почвенно-агроэкологического районирования на картографической основе является использование географических информационных системных технологий, или ГИС-технологий, особенностью которых являются достаточно строгие требования к исходной информации и использование диалоговых программ.

Резюмируя сказанное, следует отметить, что работы по агроэкологическому районированию территории России могут развиваться в следующих направлениях:

- Совершенствование существующих методических подходов по разработке агроэкологической классификации земель и почвенно-агроэкологического районирования по возделыванию конкретных сельскохозяйственных культур или их наборов с использованием ГИС-технологий.

- Подготовка концепции природно-сельскохозяйственного районирования.

- Подготовка материалов для разработки законодательных документов в отношении природно-сельскохозяйственного районирования.

- Подготовка к публикации «Руководства по природно-хозяйственной группировке почв (земель) России с определением их устойчивости к деградации».

УДК 631.6:626.8

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ

Ю.П. Добрачев, д.т.н., И.А. Рудь, Ю.А.Томин, к.с.-х.н.

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

К.Н. Евсенкин, к.т.н.

МФ ГНУ ВНИИГиМ, Рязань, Россия

А.В. Нефедов

Рязанская СХА, Рязань, Россия

В настоящее время экологические проблемы земледелия становятся все более актуальными, поэтому для решения задач мониторинга состояния агроландшафтов необходимо привлекать новые методические и инструментальные средства. В частности, несомненный интерес представляет использование для оценки состояния сельскохозяйственных угодий имитационных моделей агроценозов, применяющихся в системах управления технологиями выращивания сельскохозяйственных культур. Такая оценка может быть выполнена путем сопоставления фактической и расчетной продуктивности.

Возможность использования для сценарных исследований консервативной (почвенные данные) и динамичной составляющей (многолетний ряд погодных условий) входной информации позволяет получить динамику продуктивности сельскохозяйственных земель при неизменных характеристиках почв. Поскольку плодородие почв не остается постоянным, сравнение расчетных и фактических рядов урожайности может позволить выявить тенденции в транс-

формации почвенного покрова. Достоинство такого подхода состоит в том, что анализируются не точечные и локальные данные, а площадные и даже региональные. Выявление тенденций состояния почв позволит целевым образом использовать информационный, методический и инструментальный ресурс регионального мониторинга, выявляя причины деградации земель с привязкой к местности.

Реализация такого подхода была выполнена нами для диагностики глубины корнеобитаемого слоя, которая может служить показателем сработки, переуплотнения и слитизации почвенного покрова. В качестве «сенсорной системы» был взят посев яровой пшеницы, характеризующейся чувствительной к состоянию почвы корневой системой. Так, например, анализируя динамику урожайности зерновых культур (рис.1), а также пшеницы (по данным Загайтова, ЦСУ и др.), мы провели оценку колебания урожайности по годам. Рассчитывали значения дисперсии и стандартного отклонения от линии тренда по десятилетиям, начиная с 1960г. Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Динамические характеристики урожайности зерновых культур

(по данным И.Б. Загайтова)				
Годы	Средняя	Дисперсия	Стандартное отклонение	Квадрат отклонения от линейного тренда
1961-1970	11,6	2,2	1,5	20,1
1971-1980	14,3	5,4	2,3	48,9
1981-1990	15,9	2,2	1,5	19,6
1991-1997	16,1	4,7	2,2	28,2

При проведении анализа использовали предположение, что по мере уплотнения почвенного покрова тяжелой техникой колебания урожайности могут расти за счет ухудшения водно-физических свойств почв и уменьшения толщины корнеобитаемого слоя. Из приведенных в таблице данных видно, что по мере роста урожайности растет амплитуда колебаний – дисперсия и стандартное отклонение, причем наиболее значительный рост этих величин происходит в 70-е и 90-е годы. Этот факт, по нашему мнению, можно объяснить тем, что в период 60-х и, особенно, 70-х годов сельское хозяйство возрастающими темпами обеспечивалось сельскохозяйственной техникой, в том числе тяжелой, что повлекло за собой развитие процессов деградации, вызванных переуплотнением почв (рис. 1 и 2). Некоторая стабилизация колебания урожайности в 80-е годы была обусловлена вводом значительных площадей орошаемых земель. Кроме того, в этот период наблюдалось ужесточение требований к эксплуатации орошаемых земель (Всесоюзная компания по программированию урожая на орошаемых землях, 1983- 1987гг.).

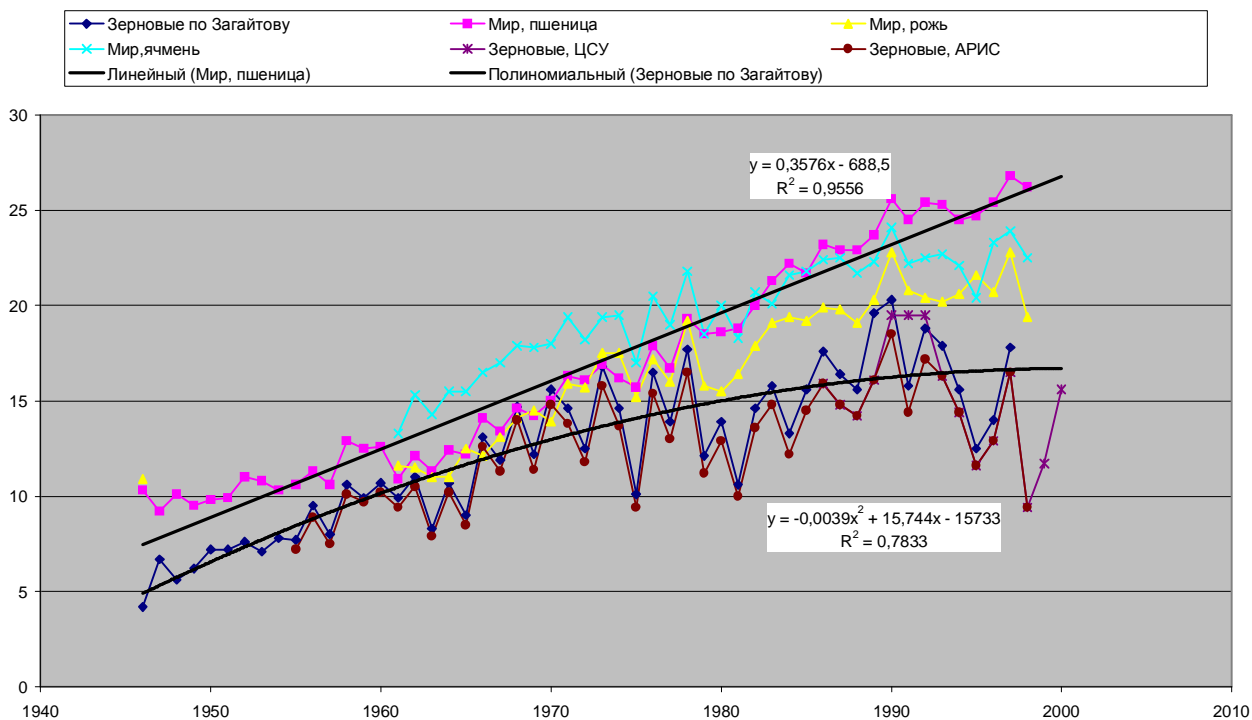


Рис.1. Динамика урожайности зерновых культур с 1946 по 2000 г. в России и в мире

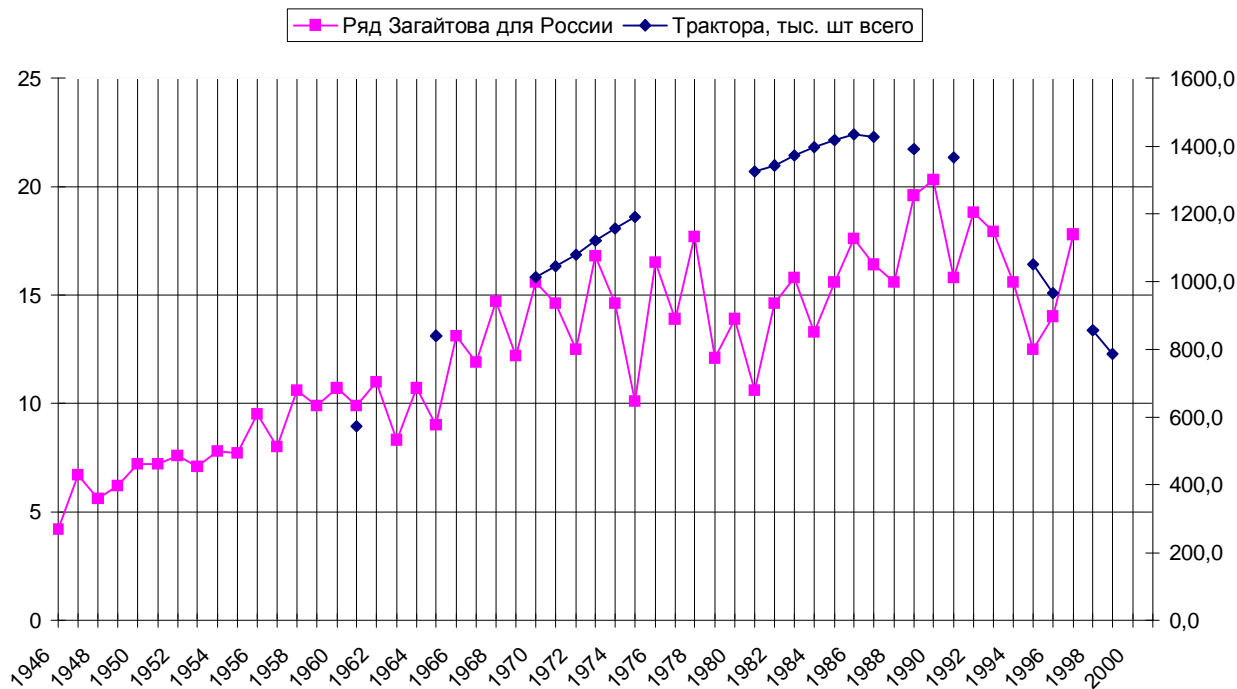


Рис.2. Динамика урожайности зерновых культур и количество тракторов, используемых в сельскохозяйственном производстве

С начала 90-х годов произошло катастрофическое разрушение оросительных систем, стабилизирующий фактор производства – выращивание зерновых культур на орошаемых землях, – стал утрачивать свое значение, и колебания

урожайности вновь стали нарастать. Более того, по нашим представлениям, деградация почвенного покрова, в том числе связанная с переуплотнением почв, привела к тому, что темпы роста урожайности в нашей стране стали прогрессирующим образом отставать от мировых.

Исследования проводили в несколько этапов. На первом этапе изучали (на уровне физической и имитационной модели) влияние ограничения роста корневой системы яровой пшеницы на урожайность. На втором этапе был выполнен анализ статистических данных по урожайности яровой пшеницы по районам Рязанской области. Кроме того, по погодным условиям представленной выборки лет проведены численные эксперименты по трем основным типам почв Рязанской области (подзолистые супесчаные, серые лесные, черноземы выщелоченный). На третьем этапе, по районам, отличающимся высокой вариабельностью урожайности яровой пшеницы, выборочно по полям проводили отборы почвенных проб с целью выяснения причин аномалий в динамике урожайности.

Для оценки адекватности функционирования имитационной модели агроценоза яровой пшеницы был поставлен микроделяночный полевой эксперимент, на отдельных участках которого на различную глубину были заложены пленочные экраны, пропускающие воду и непроницаемые для корней. Поставлены следующие варианты опыта: контроль (без экрана); экран на глубине 20, 30, 40 и 50 см от поверхности почвы. Размер площадки составлял 1 м^2 , размер экрана - $1,3 \times 1,3\text{ м}^2$. Плотность посева семян - 500 зерен/м^2 , глубина заделки семян - 6 см. Способ сева - рядковый; в опытах использованы семена пшеницы сорта Московская - 35.

При проведении численных экспериментов по оценке влияния ограничения почвенного слоя для модели яровой пшеницы был сформирован пакет входной информации, включающий метеорологические данные, почвенные условия и агротехнические характеристики выращивания.

Сравнение результатов полевого опыта и численных экспериментов показало, что по урожайности и массе 1000 зерен получено удовлетворительное соответствие (табл. 2). Анализ динамики развития посевов в условиях полевого опыта и в имитационных экспериментах показал, что наилучшее совпадение фаз развития наблюдается в контрольном варианте и в варианте с экраном на глубине 50 см (табл. 3.).

Анализ результатов полевых опытов и численных экспериментов показал, что для повышения адекватности функционирования модели при расчете скорости роста корней необходимо учитывать величину механического сопротивления почвы при продвижении корней в почвенном горизонте. Так, в контроле отсутствовало разрыхление почвы на всю глубину распространения корней, что отразилось на динамике роста и величине продуктивности посева.

В конце вегетационного периода, в фазу молочно-восковой спелости, проведен учет массы корней по всем вариантам опыта (табл. 4). Анализ результатов учета массы корней и их сравнение с литературными данными (Кумаков, 1980) показали, что в конце вегетации основная корневая биомасса в виде кор-

невых волосков распадается и не может быть учтена, а выделенная и измеренная масса корней представлена наиболее мощными корневыми структурами.

Таблица 2. Опытные и расчетные параметры урожая яровой пшеницы по вариантам опыта

Варианты (глубина экрана, см)	Масса соломы, ц/га		Урожайность, ц/га		Масса 1000 зерен, г	
	факт.	расчет.	факт.	расчет.	факт.	расчет.
Контроль	22,0		18,1	19,6	35,3	38,0
20	12,0		7,9	8,8	27,7	27,7
30	18,1		13,2	10,9	32,2	30,7
40	23,0		14,5	14,1	33,0	34,0
50	23,5		18,0	17,4	37,9	36,6

Таблица 3. Динамика развития посевов яровой пшеницы по вариантам опыта (факт/расчет)

Варианты (глубина экрана, см)	Даты наступления фаз развития яровой пшеницы						
	Всходы	Кущение	Выход в труб.	Колошение	Цветение	Воск. спелость	Полная спелость
Контроль	16.05/ 17.05	28.05/ 25.05	26.06/ 25.06	03.07	07.07/ 08.07	09.08	18.08/ 19.08
20	15.05/ 17.05	28.05/ 25.05	20.06/ 25.06	29.06	03.07/ 08.07	27.07	05.08/ 05.08
30	15.05/ 17.05	28.05/ 25.05	22.06/ 25.06	01.07	03.07/ 08.07	30.07	08.08/ 11.08
40	16.05/ 17.05	28.05/ 25.05	24.06/ 25.06	01.07	04.07/ 08.07	03.08	13.08/ 16.08
50	15.05/ 17.05	28.05/ 25.05	26.06/ 25.06	04.07	07.07/ 08.07	09.08	18.08/ 18.08

Таблица 4. Воздушно-сухая масса корней с 1 дм² опытной делянки, г (фаза развития - полная спелость)

Слой почвы, см	Варианты (глубина экрана, см)				
	Контроль	0-50	0-40	0-30	0-20
0-10	9,30	8,56	4,4	2,55	1,8
10-20	2,05	2,55	1,22	0,95	0,23
20-30	0,77	0,71	0,37	0,28	
30-40	0,35	0,27	0,31		
40-50	0,2	0,19			
50-60	0,2				

Величина измеренной массы корней может характеризовать объем пространства почвы, находящейся в зоне корневого питания растения. Сопоставление суммарной биомассы корней по вариантам опыта с рассчитанными по модели максимальными объемами распространения корня (в фазу колошения – цветения) показывает, что имеется корреляционная связь (табл. 5); коэффициент корреляции равен 0,971.

Таблица 5. Биомасса корней (полевой опыт) и объем почвы, занятый корнем (расчет.)

Параметры	Варианты (глубина экрана, см)				
	Контроль	0-50	0-40	0-30	0-20
Масса, г	12,87	12,39	6,3	3,78	2,03
Объем, дм ³	1,18	0,852	0,522	0,262	0,112

Таким образом, установлено, что имитационная модель агроценоза позволяет прогнозировать влияние мощности корнеобитаемого слоя почвы на продуктивность агроценоза.

Для 9-ти районов Рязанской области был проведен анализ статистических данных (за период 1993-2002гг.) по характеристикам временного ряда урожайности яровой пшеницы (табл. 6) и поставлена серия численных экспериментов. В экспериментах были получены аналогичные временные ряды урожайности для условий с ограничением роста корней в глубину почвенного горизонта (табл. 7 и рис. 3) При этом в качестве рабочей гипотезы принималось допущение, изложенное выше.

Таблица 6. Статистические характеристики динамики урожайности яровой пшеницы по районам Рязанской области за период 1993-2002 гг.

Почвы	Районы	Средняя урожайность, (У _{ср}) ц/га	Стандартное отклонение, S	C=S/У _{ср}
Дерново-подзолистые супесчаные Серые лесные	Клепиковский	5,95	4,31	0,72
	Касимовский	6,92	7,84	1,13
	Спасский	5,65	4,04	0,71
	Рязанский	22,16	7,32	0,33
	Старожиловский	19,89	9,47	0,47
	Путятинский	10,04	10,19	1,01
Чернозем выщелоченный	Сараевский	14,68	2,90	0,19
	Милославский	15,48	6,35	0,41
	Новодеревенский	18,55	12,66	0,68

Таблица 7. Данные численных экспериментов по урожайности яровой пшеницы (по метеоусловиям г. Рязани)

Слой поч-вы, см	Урожайность яровой пшеницы по метеорологическим условиям года, ц/га							Среднее арифм. (Y_{cp})	Станд. отклон. (S)	Кoeff. вариации $C=S/Y_{cp}$
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001			
Дерново-подзолистые почвы										
0-20	2	8,1	3,6	4	0	6,5	-	4,03	2,94	0,73
0-30	3,5	9,8	5,2	4,2	0	7	-	4,95	3,32	0,67
0-40	4,2	10,4	9,6	4,2	0	8,6	-	6,17	4,03	0,65
0-50	4,6	10,8	13,5	5,2	0	9,7	-	7,30	4,93	0,68
0-80	6,9	11,4	18,5	8,1	0	11,4	-	9,38	6,12	0,65
Серые лесные почвы										
0-20	13,9	14,1	16,9	3,6	2,2	19,1	-	11,63	7,05	0,61
0-30	18,3	17,5	22,1	5,3	2,9	23,7	-	14,97	8,76	0,59
0-40	22,6	20,1	25,2	6,8	5,2	25	-	17,48	9,10	0,52
0-50	24,6	21,8	27,8	8,1	7,3	25,8	-	19,23	9,15	0,48
0-80	26,3	28	32,9	10	9,2	26,8	-	22,20	10,04	0,45
Черноземы выщелоченные										
0-20	8,5	8,9	6,3	6,8	0,4	8,9	3,1	6,13	3,25	0,53
0-30	10,6	9,7	6,2	7,4	1,3	9,4	3,6	6,89	3,43	0,50
0-40	13,4	10,8	8,2	8	2,4	9,7	4,1	8,09	3,80	0,47
0-50	15	11,6	9,9	8,4	3,1	9,9	4,7	8,94	4,04	0,45
0-80	18,8	14,9	19,3	9,3	10,1	10,3	11,7	13,49	4,21	0,31

Примечание: в сценарных исследованиях модель агроценоза яровой пшеницы адаптирована для дерново-подзолистых почв по данным ОПХ «Полково», для серых лесных почв – по данным учхоза «Стенькино» и для черноземов – по усредненным статистическим данным по урожайности яровой пшеницы в черноземной зоне Рязанской обл.

Диапазон активной влаги и глубина почвенного горизонта, доступного корням растений, в совокупности определяют доступный влагозапас почвы, накопленный весной и, кроме того, эффективность последующего использования осадков, выпадающих в период вегетации растений. При прочих равных условиях (погодных, пищевых и агротехнических) можно ожидать, что величина средней по годам урожайности и ее вариации будут связаны с перечисленными выше характеристиками почвы.

Отметим, что коэффициент вариации в данном случае характеризует устойчивость агроэкосистемы. Наблюдается характерное снижение значения коэффициента вариации как с ростом глубины корнеобитаемого слоя, так и при переходе от одного типа почв к другому. Такое закономерное снижение коэффициента вариации отражает устойчивость травяных фитоценозов и их нарастающую способность конкурировать с лесной экосистемой (древесной растительностью).

Сравнение коэффициентов вариации по таблицам 1 и 2 показывает, во-первых, что диапазоны значений коэффициентов вариации рядов, привязанных

к типу почв, близки по величине и имеют пересекающиеся области: дерново-подзолистые - (0,63; 0,73) и (0,71; 1,13); серые лесные - (0,45; 0,61) и (0,33; 1,01); черноземы - (0,31; 0,53) и (0,19; 0,68). Во-вторых, нижние границы значений коэффициентов вариации снижаются в соответствии с зональным положением типов почв. Таким образом, было установлено, что имитационная модель агроценоза позволяет адекватно прогнозировать влияние глубины проникновения корней на продуктивность агроценоза и динамику урожайности в зависимости от почвенно-климатических условий.

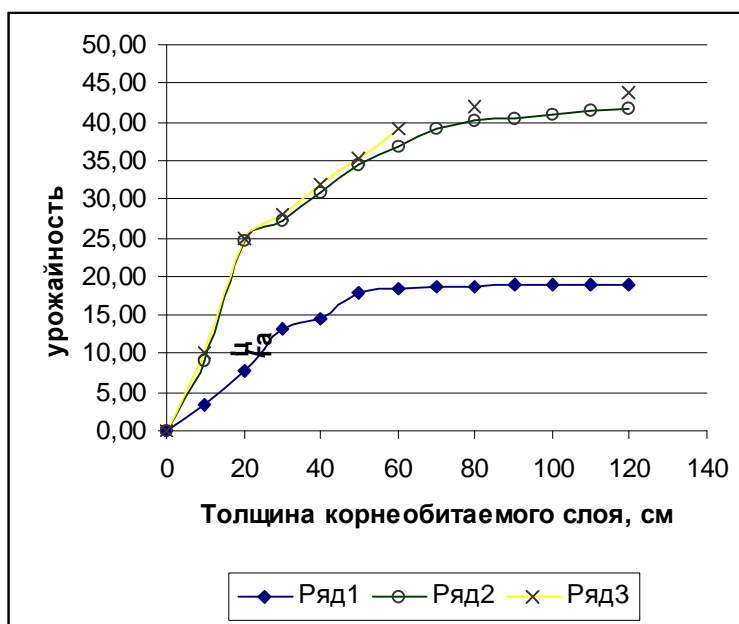


Рис. 3. Зависимость урожайности от толщины корнеобитаемого слоя для дерново-подзолистых супесчаных (ряд 1), серых лесных почв (ряд 2) и выщелоченных черноземов (ряд 3) по метеоусловиям 1997 г.

В соответствии с выполненными прогнозными расчетами проявления деградации почв по исследуемым районам Рязанской области в сентябре 2003г. проводились полевые работы по измерению твердости и объемной плотности почв. Для наших исследований наибольший интерес представлял сравнительный анализ состояния почв в наиболее благополучных и неблагополучных районах, расположенных на одинаковых почвах. Такому сравнительному анализу подверглись поля учхоза «Стенькино» Рязанского района, поля Путятинского района, а также Сараевского и Новодеревенского районов. При отборе образцов почв проводилась органолептическая оценка гранулометрического состава и определялось наличие корневых остатков.

В результате проведенных в Путятинском районе исследований не было обнаружено значительных уплотнений почвенного покрова. Однако, по нашему мнению, серые лесные почвы этого района наиболее подвержены уплотнению; при распахке и весенней обработке образуется подплужная подошва. На рисунке 4 представлены результаты измерения твердости почвы по следу комбайна.

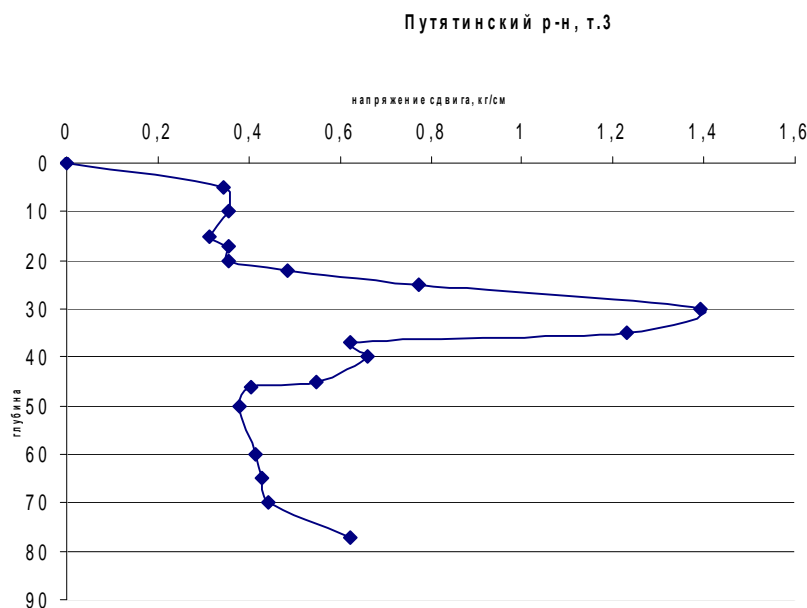


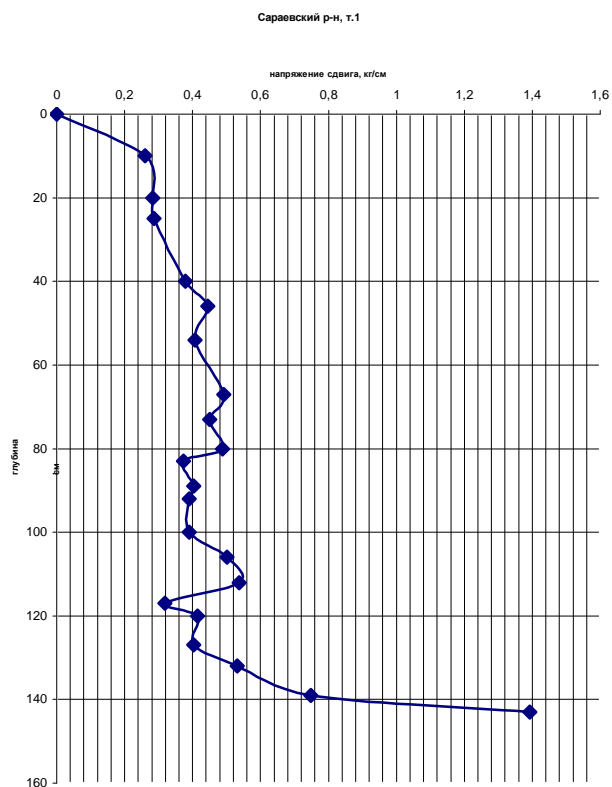
Рис. 4. Изменение твердости почвы от глубины в Путятинском районе. Стандартное отклонение - 7-16% от среднего. Зерновое поле после уборки. Плотность почвы: слой 15... 25 см – 1,28 г/см³; слой 30...40 см – 1,54 г/см³

Аналогичные сравнительные исследования проведены на полях Сараевского и Новодеревенского районов. Результаты измерения твердости почвы в Сараевском районе представлены на рисунке 5. При отборе проб почвы на глубине 150 см обнаружены корни сорной растительности. Органолептические исследования структуры почвы показали, что физический песок практически отсутствует, почвы структурированы по всему профилю.

В Новодеревенском районе на глубине 20-30 см обнаружено некоторое уплотнение почвы, вызванное образованием подплужной подошвы. В целом твердость почв Новодеревенского района превосходит твердость почв Сараевского района на величину 0,2-0,3 кг/см². В образцах, отобранных с глубины превосходящей 50 см, не обнаружено корневых остатков. Кроме того, в подпахотных горизонтах наблюдалась слитая структура почвы, являющаяся, по нашему мнению, основной причиной, препятствующей проникновению корней в толщу почвенного горизонта из-за нарушения дыхания.

Результаты выполненных исследований показывают перспективность применения имитационных моделей и сценарных исследований для анализа информации мониторинга агроэкосистем и, прежде всего, для выявления и оценки процессов деградации почв. Имитационная модель яровой пшеницы обладает необходимой гибкостью и хорошо адаптируется к почвенно-климатическим условиям лесостепной зоны России. Полученные статистические характеристики временных рядов урожайности могут служить показателем экологической устойчивости агроландшафта.

А



Б

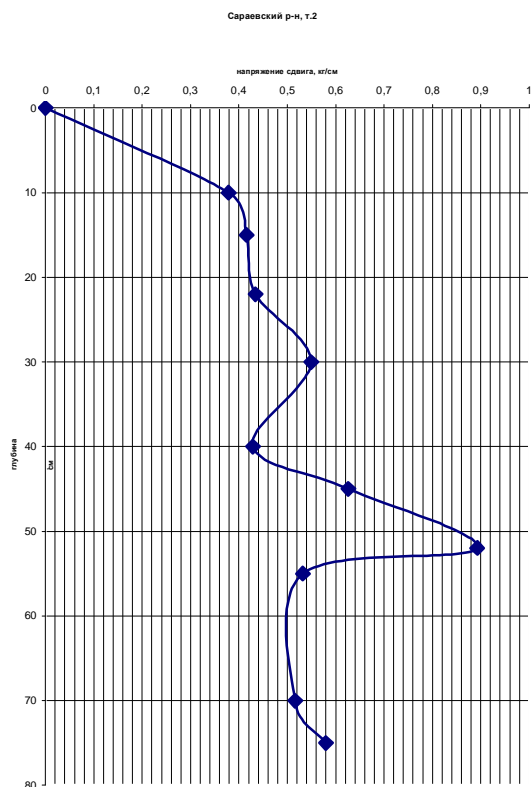


Рис.5. Изменение твердости почвы от глубины в Сараевском районе
Стандартное отклонение – 7...20% от среднего. Влажность почвы $\approx 0,8$ НВ.
А. Неуплотненный участок. Плотность почвы: слой 20 ...30 см – $0,92$ г/см³;
слой 30...40 см – $0,98$ г/см³. **Б.** Измерительная скважина расположена на колее комбайна

Литература

1. Головатый В.Г., Добрачев Ю.П., Юрченко И.Ф. Модели управления продуктивностью мелиорируемых агроценозов. М.:Россельхозакадемия, 2001.

УДК631.95

ШЛЮЗОВАНИЕ-ОДИН ИЗ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ МИНЕРАЛЬНЫМ АЗОТОМ

К.Н Евсенкин, к.т.н.

МФ ГНУ ВНИИГиМ, Рязань, Россия

Ю.П. Добрачев, д.т.н.

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Использование интенсивных технологий сельскохозяйственного производства, таких как орошение, осушение, внесение высоких доз минеральных удобрений и др. с целью увеличения продуктивности агроландшафтов, приво-

дит к интенсификации процессов выноса биогенных элементов с сельскохозяйственных полей, загрязняет грунтовые воды и открытые водные системы, способствует развитию процессов деградации почвенного покрова и снижает качество продукции растениеводства.

В связи с этим актуальной является задача исследования процессов поступления, аккумуляции и миграции биогенных элементов в агроландшафте под воздействием водных мелиораций, оценка влияния этих процессов на экологическое состояние агроландшафтов и разработка методов предотвращения их загрязнения азотсодержащими веществами.

Гидромелиорации и различные виды землепользования, как правило, значительно изменяют водный режим ландшафта, поэтому чрезвычайно важно знать количественный вынос азота, как природного биогена, влияющего на качественный состав открытых водоемов.

В этой связи исследования проводились на типичном для Мещеры объекте – экополигоне "Мещера", площадью 3000 га и включающем следующие элементы ландшафта: лес -72,4%; пастбища-6,0%; пашня-18,5%; урбанизированная территория сельского типа-3,0% и акватория (свалка)-0,1%. Весь поверхностный и подземный сток с агроландшафта перехватывается открытым коллектором, что дает возможность измерить вынос азота с территории в водную систему р. Оки.

Поверхность участка представляет слабовыраженную равнину с уклоном 0,001. Основные почвы опытного участка - дерново-подзолистые, по гранулометрическому составу песчаные и супесчаные, сформированные на древнеаллювиальных песках. Мощность гумусового горизонта составляет 10-22 см.

Снижение интенсивности сельскохозяйственного производства способствовало снижению загрязнения водных объектов; к 1998 г. содержание загрязняющих веществ в р. Оке снизилось в 2 раза, а по азоту - более чем в 3,5 раза, в том числе по нитритам в 5,8 раза. Пиковые концентрации биогенных веществ (превышающие ПДК) оказывают отрицательное влияние на гидробиоценоз, вызывая гибель животных (в магистральном канале отмечено низкое содержание зоопланктона и отсутствие представителей рыб, пресмыкающихся и земноводных).

На основе анализа эффективности существующих мероприятий по предотвращению загрязнения водных объектов, для снижения пиковых концентраций биогенных веществ нами предложено применять шлюзование магистрального канала (МК). При этом шлюз-регулятор используется для накопления и разбавления вод с высокой концентрацией азотсодержащих веществ менее загрязненными водами, поступающими в магистральный канал до и после прохождения пика.

Для оценки эффективности регулирования качества стока с помощью шлюзования решена следующая оптимизационная задача управления открытием и закрытием шлюза, имеющая вид:

$$C^*(t) \Rightarrow \min \quad \text{при условии, что}$$

$$\int_{t_{зак}}^{t_{отк}} v(t) + Q_{нач} \leq V_{нак}$$

где $V_{нак}$ - максимально допустимый объем воды в накопителе магистрального канала; $v(t)$ – объем притока воды в накопитель; $Q_{нач}$ – исходный объем воды в накопителе; $C(t)$ - концентрация биогенного элемента, поступающего с дренажными водами в накопитель; $C^*(t)$ - средняя концентрация биогенного элемента в накопителе, равная:

$$C^*(t) = \frac{\int_{t_1}^t C(t) \cdot v(t) dt}{\int_{t_1}^t v(t) dt + Q_{нач}}$$

Решение оптимизационной задачи выполнено численным методом на основе данных по дренажному стоку за 1995г. (в этот период были зарегистрированы четко выраженные пиковые значения концентраций).

Таким образом, в результате разбавления вод при закрытии шлюза-регулятора на 5 дней происходит снижение пиковых значений концентрации (NH_4 - на 3,8%; NO_3 - на 6,3%). Отметим, что максимальный процент снижения концентрации может составить для NH_4 - 31,1%; для NO_3 - 19,0% и зависит от длительности прохождения пика и расхода воды в канале.

УДК 631.51

ИЗУЧЕНИЕ ФАКТОРОВ БИОПРОДУКТИВНОСТИ АГРОЛАНДШАФТОВ ЭКСПЕРТНЫМ МЕТОДОМ

Д.А. Иванов, д.т.н.
ВНИИМЗ, Тверь, Россия

Под биопродуктивностью ландшафтов понимается выход растительной массы и хозяйственно полезной продукции с единицы площади с учетом массы и продукции всех полевых культур в соответствии со структурой посевных площадей (севооборотом). Основным показателем биопродуктивности агрогеосистем является не столько общая масса растений в естественных условиях, сколько выход основной и побочной продукции. Остальная часть массы растений (их поверхностные и корневые остатки) также имеет важное агротехническое значение, пополняя запасы органического вещества в почве, оказывает большое влияние на ее свойства и плодородие. К числу показателей биопродуктивности ландшафтов следует отнести и то количество элементов питания в почвах, которое растения фактически используют на формирование фитомассы и сельскохозяйственной продукции. Анализ оценок средних величин продуктивности экосистем для больших (глобальных) площадей показыва-

ет, что ее величина колеблется в пределах 2-х порядков от 200 до 20 000 ккал на 1 м² в год.

Биопродуктивность зависит от состояния и свойств биосферы, в том числе и от характера ее дискретности. Поэтому изучение структурной организации биосферы является важным инструментом познания законов формирования биопродуктивности, и, как следствие, мощным фактором управления ею.

Следует отметить, что фундаментальные аспекты проблемы биопродуктивности агроландшафтов, определяющие методы, способы и технологии управления ею, еще весьма слабо изучены. Модели управления биопродуктивностью должны опираться на систему оценок биопотенциала агроландшафта. Такая система должна быть сформирована.

К важным аспектам проблемы повышения биопродуктивности и экологической устойчивости агроландшафтов относится территориальная привязка систем земледелия, выявление оптимальных для произрастания конкретных культур эколого-территориальных ниш в ландшафте. Хотя этому вопросу и уделялось большое внимание, остаются неясными многие вопросы формирования биопродуктивности в пределах конкретных элементарных ниш агроландшафта. Прежде всего, это особенности массо- и энергопереноса в пределах элементарных агроареалов и их агроэкологическая оценка, позволяющая строить сельскохозяйственное производство на адаптивной и экологически безопасной основе.

Исходя из результатов наших исследований, а также литературных данных нами была проведена экспертная оценка технологических элементов системы регулирования факторов, влияющих на биопродуктивность агрогеосистем (табл. 1). Выделены пять групп возможной эффективности рассмотренных способов: 0 – способы неэффективны; 1 – низкая эффективность, что позволяет лишь к незначительно корректировать фактор; 2 – средняя, приводящая к заметному снижению темпов негативных изменений фактора; 3 – высокая, приводящая к достижению положительной тенденции в изменении фактора; 4 – очень высокая, способная в значительной степени оптимизировать регулируемый фактор.

На данном этапе изучение способов учета и регулирования биопродуктивности агроландшафтов проводится на основе метода экспертных оценок, в котором в качестве источника информации об изучаемом объекте используются мнения экспертов (декларативные знания) [2]. Экспертная информация имеет то преимущество, что она представляет принципиальную возможность учесть различные, даже самые тонкие, оттенки исследуемой ситуации [1].

На основе априорного знания, рядом специалистов, независимо друг от друга, определяются перечни факторов биопродуктивности, при сопоставлении которых коллективно выделяются главные и второстепенные. Каждый исследователь определяет в баллах возможную эффективность технологических способов воздействия на факторы биопродуктивности. Сопоставление баллов, присвоенных различными специалистами конкретному технологическому способу, позволяет получить достаточно объективную экспертную оценку возможностей регулирования биопродуктивности агрогеосистем.

Таблица 1. Оценка способов регулирования факторов биопродуктивности агрогеосистем

Факторы биопродуктивности	Баллы экспертных оценок						
	Состав и соотношение угодий	Набор культур и система севооборотов	Структура посевных площадей	Система обработки почв	Система удобрений	Система защиты растений	Система мелиоративных мероприятий
Уровень обеспеченности ландшафта теплом и энергией	3	2	1	2	1	0	3
Свойство ландшафта накапливать или терять элементы питания (геохимические особенности)	2	1	1	2	2	0	2
Способность ландшафта ассимилировать солнечную энергию (фотосинтетические особенности)	3	4	4	2	3	2	3
Степень биоразнообразия в ландшафте	4	3	3	2	3	3	3
Плодородие почв	3	3	2	3	4	1	3
Заболоченность ландшафта	3	2	1	2	1	0	4
Уровень эрозионной деградации почв и рельефа	3	2	2	3	2	1	3
Степень деградации вод	3	2	2	3	3	3	3
Степень деградации биоты	3	3	3	3	3	4	3
Уровень информационной емкости ландшафта	3	3	2	2	1	1	3
Степень распаханности	4	3	2	3	3	2	3
Степень залуженности	4	2	1	2	2	1	3
Степень засоренности посевов	2	3	2	3	1	4	1
Сумма	40	33	26	32	29	22	37

Регуляционные возможности способов:

0 –отсутствие регуляционной способности; **1** - низкая (незначительная коррекция фактора); **2** - средняя (заметное снижение темпов негативных изменений фактора); **3** - высокая (достижение положительной тенденции в изменении фактора); **4** - очень высокая (оптимизация фактора)

Согласно предварительным экспертным оценкам, приведенным в таблице 1, все способы, по эффективности воздействия на факторы, влияющие на биопродуктивность, можно расположить в следующий ряд: состав и соотношение угодий, система агроландшафтных мероприятий, набор культур и система севооборотов, система обработки почв, система удобрений, структура посевных площадей, система защиты растений (рис. 1). Из этого следует, что способы, которые могут значительно изменить структурные и энергетические параметры агроландшафта в наибольшей степени воздействуют и на его биопродуктивность.

Факторы биопродуктивности, по степени управляемости в рамках системы земледелия, определяемой как общая сумма баллов экспертных оценок, в порядке убывания можно также расположить в определенный ряд (рис. 2). В рамках системы земледелия прежде всего могут быть трансформированы биологические компоненты агрогеосистем, структурные и информационные в меньшей степени подвержены изменениям. Наиболее стабильны факторы, определяющие геохимический и энергетический статус агроландшафта.

Кроме суммарного воздействия всех элементов системы земледелия наблюдается и индивидуальное воздействие способа на фактор биопродуктивности. Так, степень залуженности агроландшафта, при сравнительно невысокой сумме баллов экспертных оценок, может очень сильно регулироваться при оптимизации состава и соотношения угодий. Возможно выделить целый ряд факторов биопродуктивности, которые могут быть полностью оптимизированы (обеспечивать оптимальную биопродуктивность) каким либо элементом системы земледелия. Это: степень биоразнообразия в агроландшафте, а также его залуженности и распаханности, которые оптимизируются при разработке состава и соотношения угодий. Фотосинтетические особенности агроландшафта очень хорошо регулируются набором культур и структурой посевных площадей; плодородие почв – системой удобрений, заболоченность агроландшафта – системой агроландшафтных мероприятий и т.д.

Уровень обеспеченности ландшафта теплом, уровень эрозионной деградации и информационной емкости ландшафта, по-видимому, весьма сложно оптимизировать в рамках системы земледелия, но возможно достижение положительной тенденции в изменении этих факторов. В наименьшей степени трансформируются геохимические особенности АГС – в рамках ЛСЗ возможно только добиться заметного снижения темпов негативных изменений фактора.

Из таблицы 1 видно, что на большинство факторов биопродуктивности возможно воздействовать многими способами, которые при правильном их применении взаимно усиливают друг друга. Следовательно, даже на первичном, экспертном, этапе исследования факторов биопродуктивности агрогеосистем, можно получить весьма интересные результаты, позволяющие грамотно разрабатывать мероприятия по антропогенному преобразованию окружающей среды и определять их приоритетность.

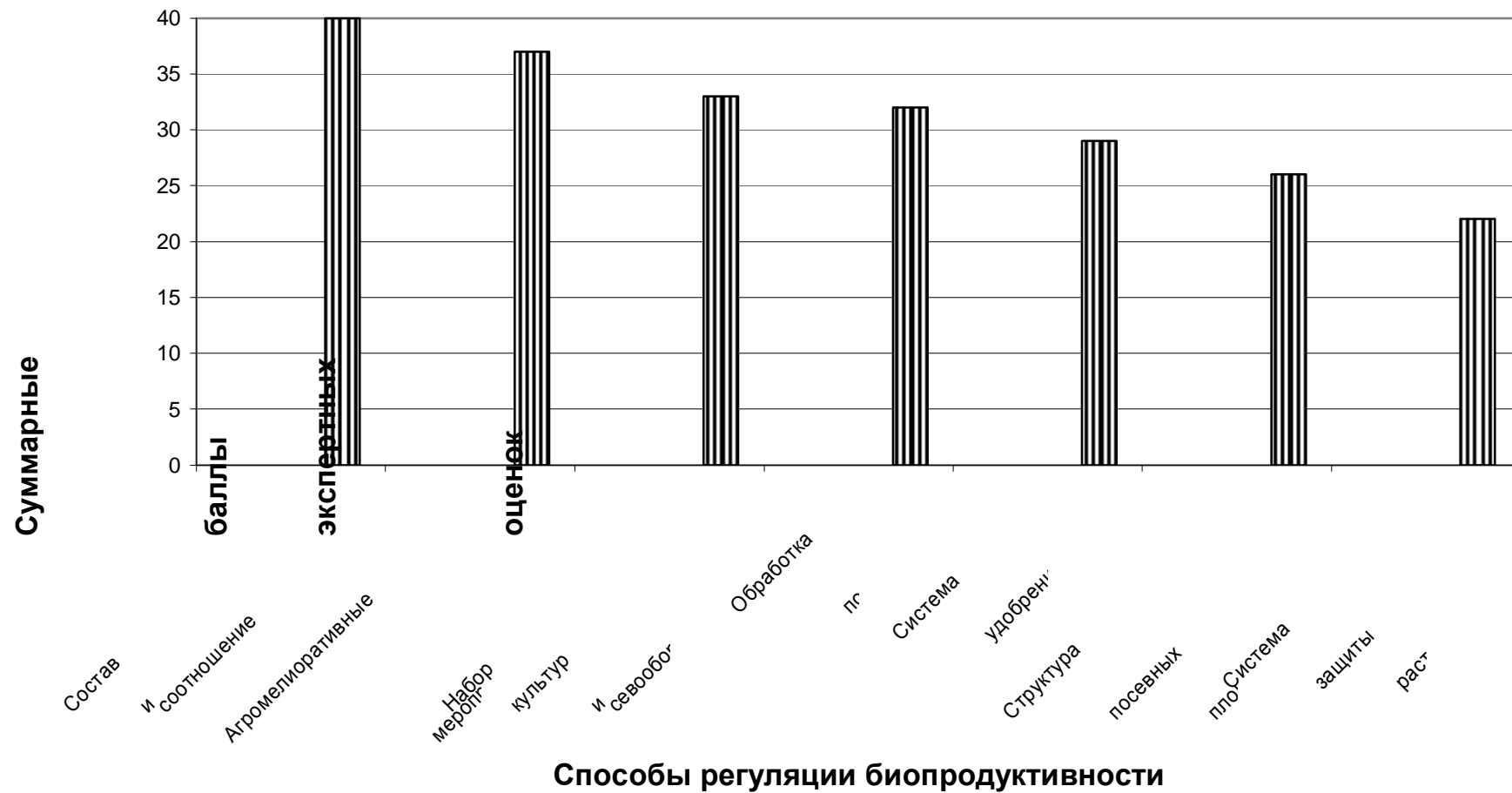


Рис. 1. Суммарные баллы экспертных оценок регуляционных возможностей способов управления биопродуктивностью агроландшафтов

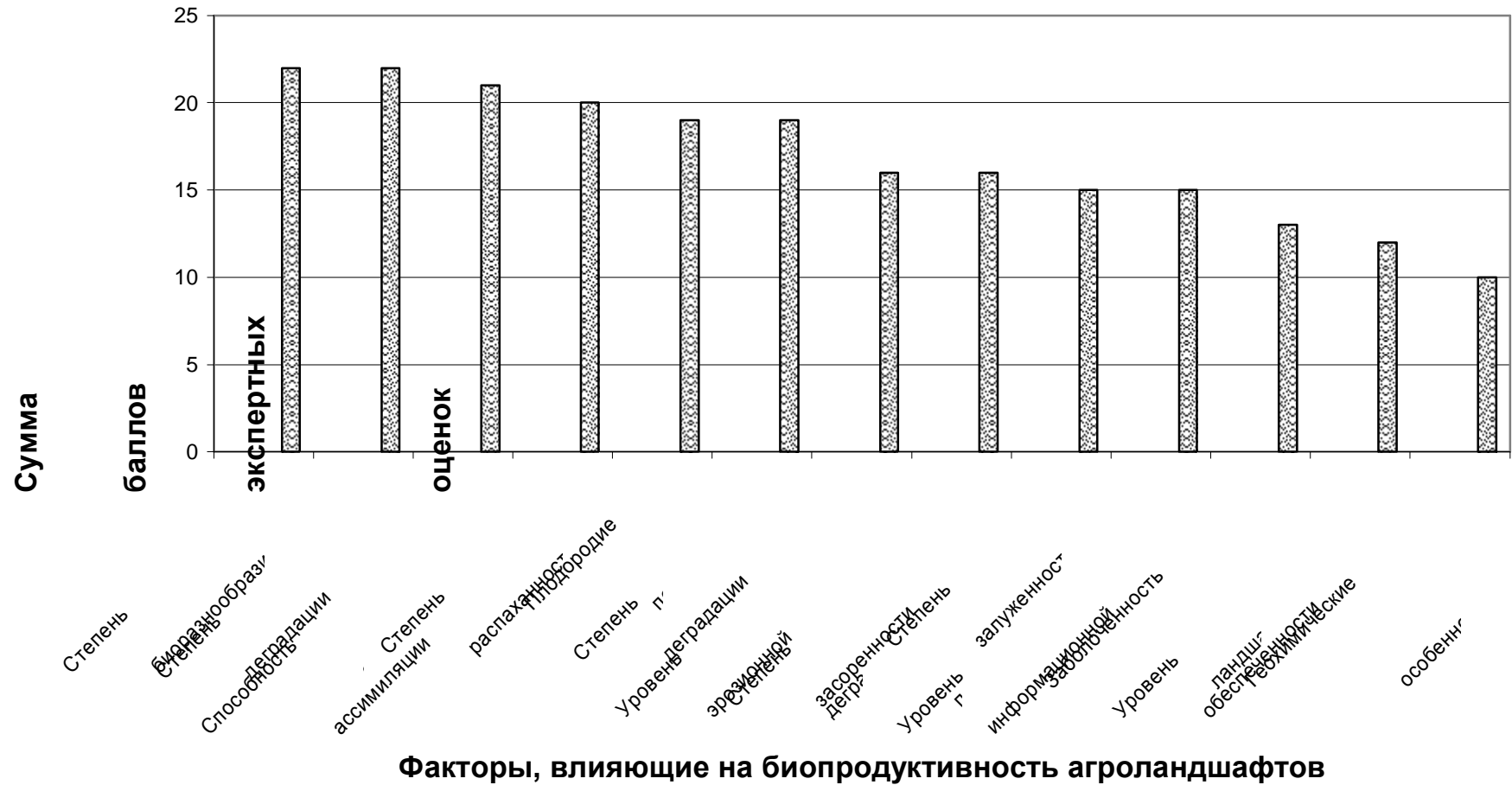


Рис. 2. Степень суммарного воздействия способов на факторы, определяющие биопродуктивность агроландшафтов

Литература

1. Трофимов А.М., Солодухо Н.М. Вопросы методологии современной географии. МГУ, 1986, 83с.
2. Физико-агрономический словарь. РАСХН, АФИ, С-Пб, 2000, 137с

УДК 631.671: 631.43:556.01

ГЕОСИСТЕМНЫЙ ПОДХОД ПРИ ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ К ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМУ И МЕЛИОРАТИВНОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

С.Д. Исаева, д.т.н.

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Современный этап развития мелиорации и водохозяйственного комплекса АПК России предполагает рациональное использование водных ресурсов, ограничение антропогенной нагрузки на природную среду, сокращение вредного воздействия поверхностных и подземных вод. Как показывает опыт мелиорации и теоретические исследования, разработка конкретных мероприятий должна базироваться на оценке экологической устойчивости природной среды при комплексных мелиорациях и водохозяйственной деятельности (рис.1).

В процессе многолетних исследований установлено, что в формировании устойчивости природной среды большую роль играют глубинные геологические и гидрогеологические факторы. В развитие методологии разрабатываемого во ВНИИГиМ адаптивно-ландшафтного подхода, предложен новый геосистемный подход. При этом в качестве объектов водохозяйственного и гидромелиоративного воздействия предлагается исследовать геосистемы (совокупность геологических структур, рассматриваемых как системы). Вещественно-энергетические потоки в геосистемах активно влияют на формирование ландшафтов и во многом определяют их устойчивое функционирование в естественных и нарушенных условиях.

Теоретические положения экологической устойчивости геосистем базируются на представлении природной среды как целостной саморазвивающейся динамической системы. На основе анализа обобщения астро- и геофизических материалов предложена обобщенная концептуальная модель взаимодействия гелиокосмических и геофизических факторов формирования и развития геосистем (рис.2). Анализ модели показал, что основные гелиокосмические и геофизические факторы взаимосвязаны и взаимообусловлены. Их взаимодействие определяет структуру и функционирование геосистем, системную целостность процессов, протекающих на поверхности Земли и в ее недрах. Экологическая устойчивость определяется генетическими особенностями строения геосистем, закономерностями их развития и функционирования.

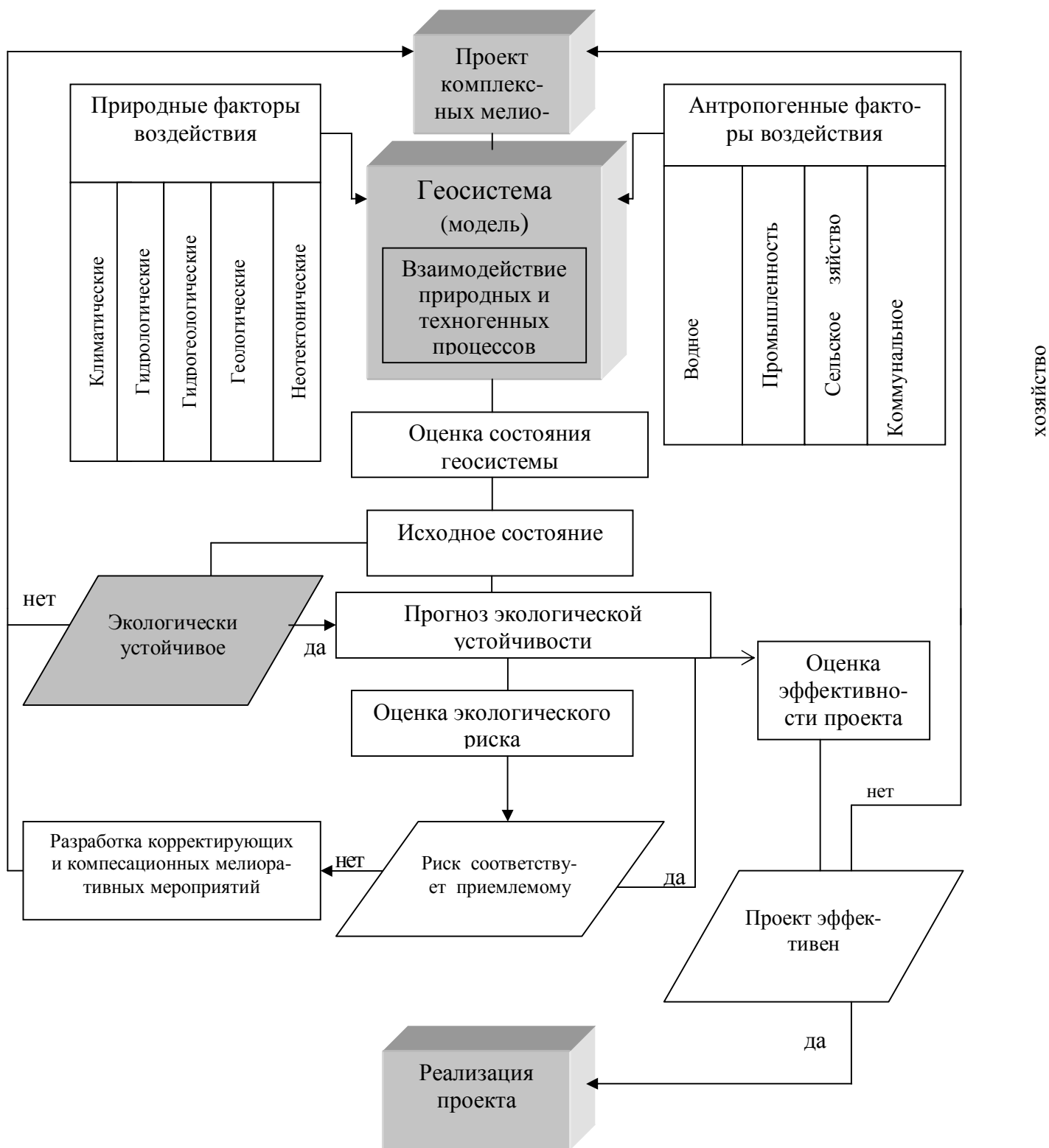


Рис.1. Концептуальная модель обоснования комплексных мелиораций с учетом экологической устойчивости геосистем

На основе концептуальной модели установлено, что геолого-тектонические факторы в ряде случаев определяют предрасположенность природной среды к развитию таких негативных экологических процессов как эрозия, засоление, загрязнение почв и подземных вод. Выявлена особая роль тектонически ослабленных зон в формировании геофизических и геохимических

При планировании водохозяйственных мероприятий необходимо учитывать связь устойчивости геосистем к гидромелиоративному воздействию с инерционностью их функционирования, т.е. способность геосистем отдалять во времени проявление негативных последствий. Выявлено, что инерционность зависит от водно-физических характеристик отложений, степени естественной дренированности земель, мощности зоны аэрации, буферных свойств почв. Инерционность влияет на сроки строительства, обуславливает дополнительные требования к обоснованию орошения и др.

Для анализа предрасположенности природной среды к развитию неблагоприятных процессов при водохозяйственном воздействии целесообразно выявлять факторы экологической опасности и проводить районирование территории геосистем по степени опасности возникновения экологически негативных процессов с привлечением ГИС-технологий.

Для выявления факторов опасности и последующих прогнозных оценок экологической устойчивости природной среды к планируемым мероприятиям, а также для оценки их экономической эффективности необходимо широко привлекать моделирование для поддержки принятия решений по обоснованию водохозяйственного воздействия и комплексной мелиорации земель. Комплекс необходимых моделей включает структурно-функциональные (вербально-графические), раскрывающие закономерности строения и функционирования геосистемы; имитационные математические, которые позволяют прогнозировать поведение геосистемы в процессе предполагаемых внешних воздействий; оптимизационные эколого-экономические для выбора инженерных решений. Модели используются на всех этапах геосистемных исследований, направленных на оценку экологической устойчивости природной среды.

Основными технологическими этапами оценки экологической устойчивости геосистем и выбора эффективных планово-проектных решений являются: выделение геосистем, определение показателей и области устойчивого состояния геосистем, количественная оценка экологической устойчивости и рисков на основе сценарных исследований и эколого-экономического моделирования (рис.3). Предложенная технология апробирована при обосновании мелиорации сельскохозяйственных земель Волжского бассейна.

Проведенные исследования показали, что для обеспечения экологически безопасного функционирования водохозяйственного комплекса АПК, повышения эколого-экономической эффективности мелиорации необходим глубокий анализ особенностей строения и функционирования геосистем, цикличности природных процессов, выявление механизма формирования экологической устойчивости геосистем к планируемому антропогенному воздействию. Поэтому большое значение в геосистемном подходе имеют междисциплинарные исследования, в результате которых на основе системного анализа совокупности данных структурной геологии, гидрогеологии, почвоведения, инженерной геологии, климатологии, экологической геохимии, экологической геофизики и других наук формируется обобщенное представление о необходимых условиях экологически устойчивого функционирования геосистем (включая ландшафты) в процессе водохозяйственного и мелиоративного воздействия. Исходя из этих

условий, определяются экологические ограничения в задачах оптимизации взаимодействия природных и техногенных систем, обосновываются необходимые мелиоративные и водохозяйственные мероприятия и принимаются эффективные инженерные решения.

УДК 631.6 : 626/627

УПРАВЛЕНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕМ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Н.П. Карпенко

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

В настоящее время из-за высоких антропогенных нагрузок, связанных с развитием промышленности, сельского хозяйства, мелиоративного, гидротехнического и водохозяйственного строительства, и негативных последствий этих воздействий наблюдается ухудшение экологического состояния природной среды. В результате снижается качество земельных и водных ресурсов, происходит спад сельскохозяйственного производства, снижается надежность функционирования мелиоративных систем, что связано с высокой изношенностью основных фондов, а также с невысоким уровнем природоохранных технологий. В этом вопросе важное место занимает проблема управления функционированием мелиоративных систем и повышения их экологической надежности.

Под экологической безопасностью функционирования мелиоративных систем (МС) понимается такая форма их функционирования, при которой в течение срока службы системы все заданные процессы и параметры системы не вызывают наступления недопустимых состояний системы и возникновения экологически негативных последствий.

Для решения поставленной проблемы была сформулирована концептуальная модель управления функционированием МС, на основе которой разработана обобщенная технологическая схема (рис.1). Основными технологическими этапами управления функционированием мелиоративных систем являются:

- проведение декомпозиции; определение геоэкологических ограничений; анализ траектории развития МС на основе данных мониторинга;
- выполнение ансамблевых прогнозов природно-мелиоративных процессов выявление возможных негативных последствий;
- проведение сценарных исследований допустимости различных мелиоративных нагрузок и оценка геоэкологических рисков и ущербов;
- выбор варианта природоохранных мероприятий на основе проведенных сценарных исследований;
- расчеты технико-экономических показателей для выбранного варианта природоохранных мероприятий;
- принятие решений по управлению функционированием МС.



Рис. 1. Обобщенная технологическая схема повышения экологической надежности функционирования мелиоративных систем

При анализе функционирования мелиоративных систем необходимо проведение декомпозиции рассматриваемых объектов, включая структуризацию и определение системы функциональных связей. Для показателей состояния природных компонентов предложены количественные значения экологических ограничений. В качестве информационной базы для оценки траектории развития МС предлагается использовать эколого-мелиоративный мониторинг, при котором систематические наблюдения и контроль состояния природной среды позволяют своевременно выявить возможные негативные последствия, определить тенденцию их развития по единичным, комплексным и интегральным показателям [3].

Для анализа и оценки функционирования мелиоративных систем предлагается использовать **синергетический подход**, который позволяет через параметры энтропии дать прогнозную оценку их развития. В новом подходе используется теория диссипативных структур И. Пригожина и основные ее положения – понятия о **флуктуациях** и **точках бифуркации** [5]. Принимается, что естественные флуктуации и флуктуации, вызванные мелиоративным воздействием, приводят к снижению экологической устойчивости и трансформации природных объектов, а дальнейшее функционирование идет согласно **бифуркационной кривой** (рис. 2).

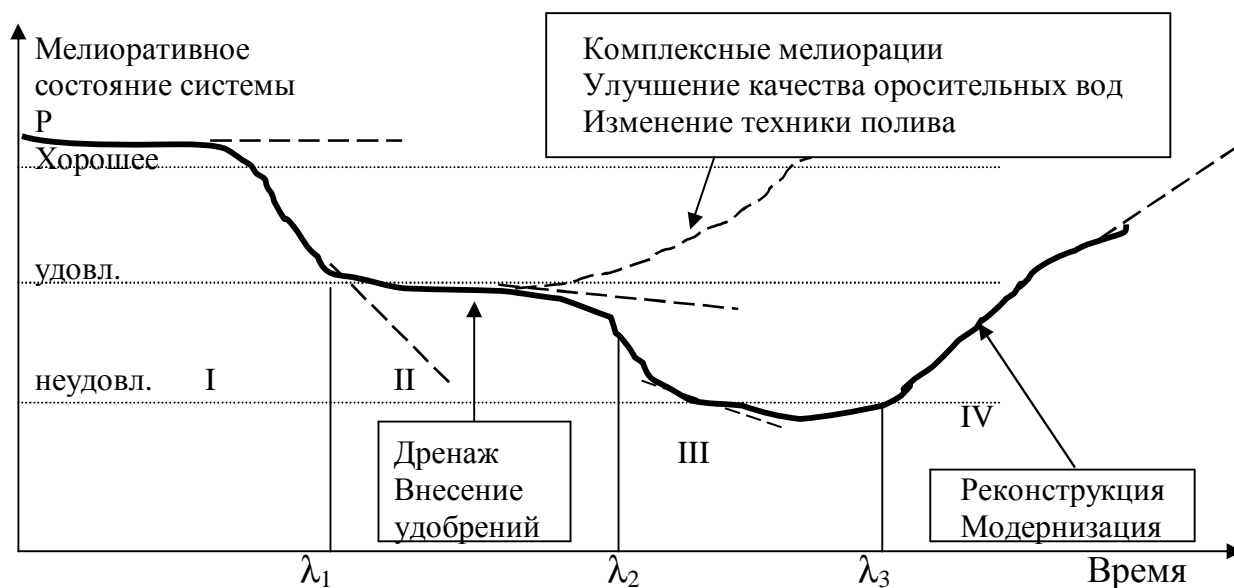


Рис. 2. Траектории развития мелиоративной системы в соответствии с бифуркационной кривой теории И. Пригожина:

$\lambda_1, - \lambda_3$ – точки бифуркации, I - IV – области развития системы

В соответствии с этим подходом предполагается, что в траектории функционирования мелиоративных систем могут быть выделены области бифуркации, в которых происходит возрастание энтропии, и после прохождения которых система переходит в новое квазиустойчивое состояние. При таком анализе функционирования существенная роль должна отводиться прогнозу наступления областей бифуркации для того, чтобы скорректировать технические решения для эффективного управления функционированием системой.

На этапе прогнозирования природно-мелиоративных процессов предлагается использовать **ансамблевое прогнозирование**, которое позволяет более объективно и достоверно получить прогнозную оценку общего состояния МС на любом иерархическом уровне. Только на уровне ансамблевых прогнозов можно комплексно оценить суммарное воздействие различных видов антропогенной деятельности на все компоненты природной среды и учесть эффекты синергизма или антагонизма. Ансамблевое прогнозирование – это прогнозирование состояния МС по ведущим компонентам, которые увязываются между собой прямыми и обратными связями и объединяются **единой управляющей программой**. С точки зрения техногенных воздействий при мелиорации рассмотрению подлежат гидролого-почвенные, гидролого-гидродинамические, почвенно-геохимические и другие прогнозы, в которых увязка корреляционных связей между процессами осуществляется через эмпирические соотношения.

Предложено использование двухуровневой иерархии ансамблевых прогнозов: на нижнем уровне рассматриваются локальные и детальные прогнозы, на верхнем уровне – региональные прогнозы. На нижнем уровне ансамблевые прогнозы выполняются для отдельных участков мелиоративных систем и рассматриваются математические однокомпонентные одномерные и профильные модели процессов тепло-, влаго-, и солепереноса, а также прогнозы переноса и трансформации биогенных элементов. В системе моделей рассматриваются математические модели: одномерная модель движения влаги и воды в насыщенно-ненасыщенной зоне (Манукьян Д.А., Борисов В.С., 1985), двумерная модель поверхностного стока с инфильтрацией (Кирейчева Л.В., Утесинов В.И., 1992), одномерная модель переноса биогенных элементов (Ван Генухтинг, Линк, 1992; Позднякова И., 2000), двумерная модель переноса солей в насыщенно-ненасыщенной зоне (Борисов В.С., Карпенко Н.П., 1987) и модель равновесной химической термодинамики (Шваров Ю.А., 1992).

На верхнем уровне рассматривается система региональных многокомпонентных пространственных гидродинамических и гидрохимических моделей водосборных территорий, которые позволяют выполнять прогнозные оценки с использованием многовариантного сценарного моделирования. В систему моделей этого уровня входят модели BAZIN (Пашковский И.С., 1987) и MIKE SHE (Датский гидрологический институт), имеющие модульную структуру и встроенные ГИС-технологии, описывающие динамику всей системы или отдельных составляющих водного баланса (поверхностного стока, руслового стока, потока влаги в зоне аэрации и фильтрации воды). Это обобщающие модели процессов гидролого-почвенно-гидрогеологического цикла, которые предназначены для решения задач по оценке реализации различных вариантов мелиоративных нагрузок: водо- и землепользования, размещения комплексных мелиораций и т.д. с учетом прогноза развития негативных последствий.

Анализ теории управления сложными системами показывает, что в настоящее время для эффективного решения проблемы экологической надежности функционирования мелиоративных систем целесообразно использование многовариантных сценарных исследований. Предполагается двухуровневая иерархия проведения сценарных исследований: нижний - детально-локальный

уровень и верхний - региональный. На нижнем уровне при проведении сценарных исследований рассматриваются варианты техногенных воздействий: определенные сельскохозяйственные культуры, оросительные нормы, сроки поливов, режимы орошения и дозы удобрений. Варианты имитируются и увязываются между собой на моделях, а результаты сценарных исследований являются основой для выбора техники полива. Кроме того, эти сценарии могут проигрываться для орошаемого поля с учетом различных севооборотов и технологии возделывания культур. Верхний (региональный) уровень сценарных исследований позволяет рассматривать различные варианты землепользования - соотношение площадей, занятых под луг, пашню, лес и т.д. - в пределах морфогенетических элементов ландшафта в границах водосборов. Результаты многовариантных сценарных исследований регионального уровня позволяют обоснованно выбрать наиболее эффективный вариант функционирования МС с учетом возможных негативных последствий.

Важным этапом технологии является количественная оценка **геоэкологических рисков** и ущербов при мелиоративных воздействиях. Основными факторами, влияющими на возникновение геоэкологических рисков и ущербов являются: исходное экологическое состояние, экологическая емкость и экологическая ценность отдельных компонентов системы; их потенциальная природная устойчивость по отношению к конкретным видам воздействия; масштаб, характер и интенсивность мелиоративных воздействий на природный объект; надежность инженерных сооружений. При определенных условиях возрастание мелиоративных нагрузок приводит к снижению устойчивости природного объекта и возникновению геоэкологического риска, под которым мы понимаем вероятность возникновения неблагоприятных для человека, флоры и фауны экологических последствий антропогенной деятельности. Структура геоэкологического риска определяется как вероятность возникновения негативных последствий, возможных экологических ущербов и проявления синергетических эффектов. Исходя из экспертных оценок и многолетних наблюдений, предлагается ранжировать вероятность появления негативных последствий: маловероятны при $P < 0,2$; возможны при $P = 0,2-0,4$; вероятны при $P = 0,4-0,7$ и весьма вероятны при $P > 0,7$. В технологии повышения экологической надежности функционирования мелиоративных систем при оценке негативных последствий в технико-экономических расчетах используется стоимостная оценка геоэкологических ущербов [1].

Заключительным этапом технологии является проведение технико-экономического обоснования выбора варианта функционирования системы. В соответствии с «Методическими рекомендациями ...» [4] предложено проводить оценку общественной эффективности реализации разработанной технологии через показатели чистого дохода (ЧД) и дисконтированного прироста чистого дохода (ЧПЧД). По результатам оценки технико-экономических показателей принимается решение об эффективном варианте дальнейшего функционирования МС, включая варианты реконструкции, модернизации, консервации, вывода из сельскохозяйственного оборота и т.д.

Реализация предложенной технологии была проведена на Аштском массиве орошения, где освоение земель предусматривалось по проекту комплексного использования поверхностных и подземных вод. Исследованиями было установлено, что существенное превышение величины водоотбора в вегетационное время (до 340 млн.м³) над среднегодовой (246 млн.м³) вызвало широко-масштабное развитие депрессионной воронки от линейного водозабора, повышение минерализации воды до 3-4 г/л в отдельных скважинах, что осложнило дальнейшую эксплуатацию вертикального дренажа. Применительно к условиям работы оросительно-дренажных скважин была предложена модель прогнозирования солевого режима подземных вод и выполнен долгосрочный ансамблевый прогноз динамики минерализации откачиваемых вод. Результаты прогноза показали увеличение минерализации откачиваемых вод до 4,5 г/л на 7-й год эксплуатации оросительно-дренажных скважин [2].

Для повышения экологической безопасности функционирования МС был предложен комплекс мероприятий, предусматривающий снижение среднегодового отбора подземных вод до 150 млн. м³; проведение деминерализации оросительно-дренажных вод до значений $M = 1,5$ г/л; строительство скважин вертикального дренажа в зоне подпора для уменьшения притока соленых вод; увеличение коллекторно-дренажного сброса до 100 млн. м³. В соответствии с [4] был разработан вариант дальнейшего функционирования системы, обеспечивающий снижение негативных последствий до приемлемых значений и проведены технико-экономические расчеты для трех вариантов: существующего варианта функционирования мелиоративной системы без природоохранных мероприятий (ЧД без ПОМ), варианта с природоохранными мероприятиями (ЧД с ПОМ). Для сопоставления эффективности вариантов был рассчитан дисконтированный прирост чистого дохода (ДПЧД) и построены соответствующие кривые (рис. 3). Сравнение технико-экономических показателей позволило обосновать вариант функционирования мелиоративной системы с предложенным комплексом природоохранных мероприятий, который позволяет снизить негативные последствия и повысить экологическую надежность дальнейшего функционирования мелиоративной системы.

Литература

1. Айдаров И.П., Карпенко Н.П., Манукьян Д.А. Методология и количественная оценка экологической безопасности функционирования природно-антропогенных систем. – Доклады РАСХН, № 2, 2003, с. 32-36.
2. Борисов В.С., Карпенко Н.П. О прогнозировании минерализации подземных вод орошаемых земель задырных межгорных впадин. - Гидротехника и мелиорация, 1987, № 5.
3. Карпенко Н.П., Манукьян Д.А. Экологическая безопасность мелиоративных систем. – Вопросы мелиорации. М., ЦНТИ «Мелиоводинформ», № 1-2, 2000.
4. Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель. РД-АПК 3.00.01.003-03.
5. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. Введение. – Пер. с англ., М., Мир, 1990. – 344с.

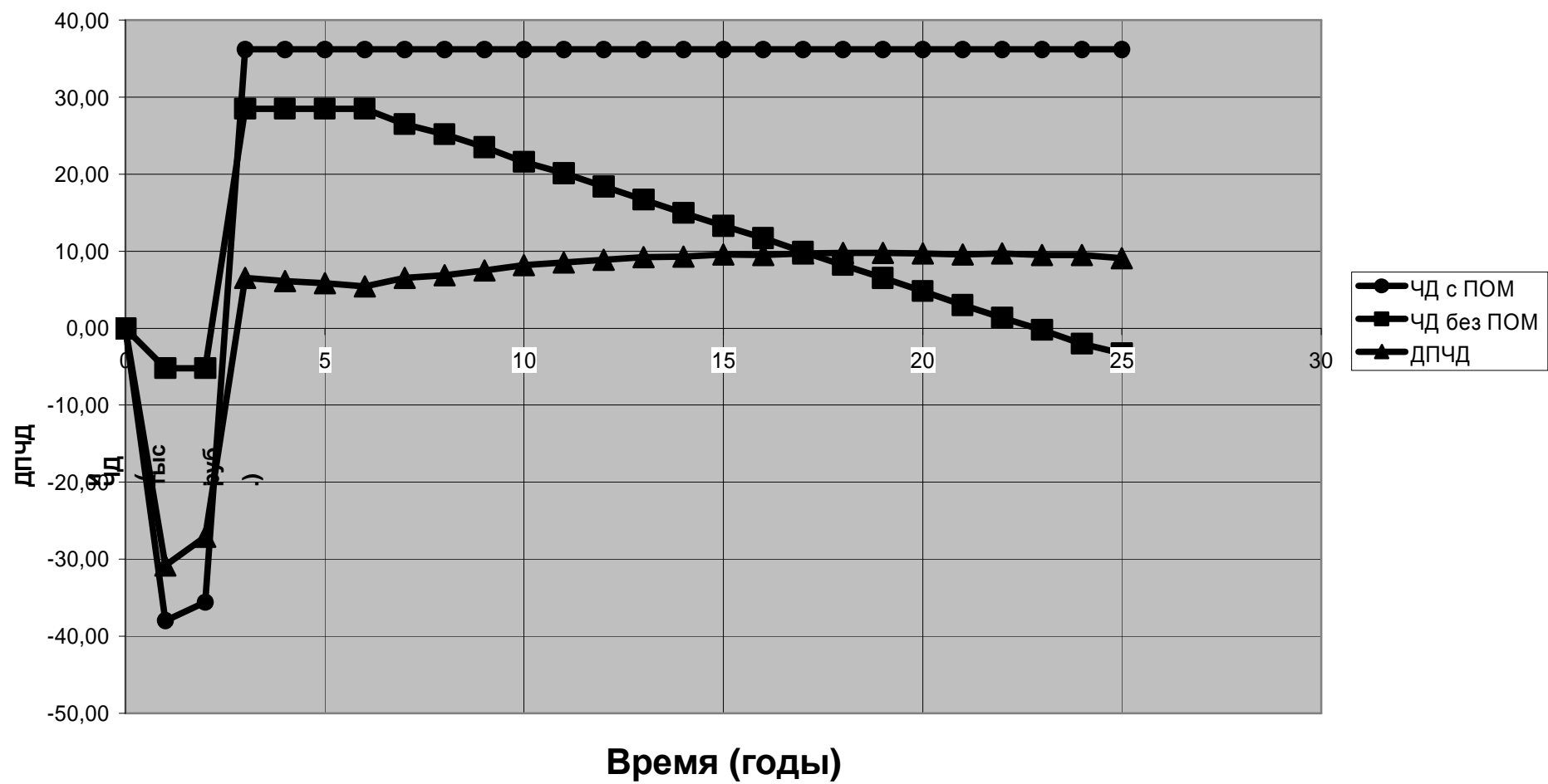


Рис. 3. Техничко-экономические показатели по вариантам функционирования МС за 25 лет

ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ИВАНЬКОВСКОГО И УГЛИЧСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ

Н.В. Коломийцев, к.г.-м.н., Т.А. Ильина, к.б.н., О.Е. Киселева,
Б.И. Корженевский, к.г.-м.н.
ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Комплексный анализ современного состояния водных объектов показывает, что качество их вод по ряду показателей не отвечает требованиям нормативов для водоемов хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного использования. По взвешенным и органическим веществам, по биогенным элементам, нефтепродуктам и по ряду других компонентов улучшения качества воды за последние 10 - 12 лет не произошло. Этот факт неэффективности водоохраных программ был обнаружен на целом ряде речных бассейнов, что может быть объяснено действием неконтролируемых источников загрязнения, к классу которых относятся [1]:

- поверхностный смыв с территории городов;
- поверхностный смыв с территории промышленных площадок;
- поверхностный смыв с территории сельскохозяйственных объектов;
- судоходство, рекреация, торфоразработки, свалки ТБО и т.д.

С начала 90-х годов при переходе экономики в России на рыночные отношения наблюдается резкое перераспределение соотношения между выделенными двумя классами источников загрязнения, что хорошо иллюстрируется на примере Иваньковского водохранилища. С этого момента неконтролируемое поступление загрязняющих веществ в водохранилище по данным ИВП РАН многократно превышает контролируемое (табл. 1). На фоне падения промышленного производства сократился сброс сточных вод, практически к минимуму сведено применение минеральных удобрений, сократились перевозки в судоходстве и маломерный флот, но ухудшилась эффективность работы очистных сооружений, резко возросла интенсивность движения автотранспорта на автомагистралях, городских автодорогах, появились новые неконтролируемые источники загрязнения.

Таблица 1. Сопоставление контролируемой и неконтролируемой нагрузки на Иваньковское водохранилище в период 1991-1998 гг., т/год [1]

<i>Источники загрязнения</i>	<i>Органическое вещество</i>	<i>Нефтепродукты</i>	<i>Азот</i>	<i>Фосфор</i>
Контролируемые	10000	80	1500	500
Неконтролируемые	50000	4000	2500	300

Впервые по методике, разработанной в Германии и широко применяемой в странах ЕС, изучена загрязненность донных отложений Иваньковского и Угличского водохранилищ. Данные работы были выполнены в 2001 – 2003 гг. в рамках российско-германского проекта «Волга – Рейн».

Одной из основных задач исследований было определение содержания в донных отложениях 11 тяжелых металлов (Cd, Hg, Pb, Zn, Cr, Co, Cu, Ni, Fe, Mn, Ag) и мышьяка (As). Для определения степени загрязнения донных отложений вышеуказанными элементами была использована методика оценки техногенного поступления элемента в природную среду на основе игео-классов Г. Мюллера (1979). Классификация загрязненности донных отложений по игео-классам Г. Мюллера неоднократно публиковалась [2 - 6], поэтому в данной статье она не приводится. Особо подчеркнем лишь тот факт, что в основе данной методики лежит принцип выделения из каждой пробы «сорбирующей» фракции < 0,020 мм. Нулевой игео-класс является полуторным геохимическим фоном, определяемым специально или взятым из литературных источников. Последующие классы образованы путем 2-х кратного умножения верхней границы предыдущего класса [4, 5].

Определение концентраций химических элементов в пробах донных отложений проводили атомно-адсорбционным методом после их разложения в «царской водке» в Институте геохимии окружающей среды Гейдельбергского университета (ФРГ). Разброс значений концентраций элементов и их средние значения представлены в таблице 2.

Таблица 2. Концентрации (мг/кг) тяжелых металлов и мышьяка во фракции < 0,020 мм донных отложений водохранилищ

Элемент	Иваньковское водохранилище			Угличское водохранилище		
	Разброс значений	Среднее	Верхний бьеф плотины	Разброс значений	Среднее	Верхний бьеф плотины
Cd	0,03 – 0,94	0,47	0,62	0,01 – 0,63	0,38	0,51
Hg	0,06 – 0,33	0,21	0,21	0,20 – 1,77	0,69	0,34
Pb	13,9 – 69,7	23,6	19,1	17,6 – 35,1	24,6	20,0
Zn	272,3 – 649,7	471,1	461,7	196,2 – 792,5	325,2	259,2
Cr	50,4 – 115,7	77,4	63,8	63,1 – 84,3	72,4	65,1
Co	9,1 – 16,6	13,4	14,6	10,9 – 23,4	17,2	19,6
Cu	25,6 – 132,6	72,9	86,6	36,3 – 167,0	50,8	42,1
Ni	26,6 – 46,6	34,8	31,3	35,5 – 55,7	45,3	45,8
Fe, %	3,47 – 5,34	4,60	4,75	0,54 – 5,82	4,87	5,22
Mn	800 – 2100	1400	1400	1000 – 4500	2200	2900
As	6,4 – 21,7	12,3	12,7	11,9 – 40,2	19,3	13,1

Иваньковское водохранилище – водоем долинного типа, основные параметры которого при НПУ = 124,0 м следующие: площадь – 327 км²; объём – 1,12 км³; длина – 143 км; наибольшая ширина – 8 км; средняя глубина – 3,4 м; максимальная – 19 м. Водоохранилище мелководно, глубины до 2,0 м занимают 48% всей площади водоема [1]. Оно было создано в 1937 г. с целью улучшения коммунального и промышленного водоснабжения, судоходства, гидроэнергетики, развития рыбного хозяйства и зон отдыха. Традиционно по геоморфологическим особенностям затопленной территории (по форме котловины, очертаниям и характеру берегов) водохранилище разделено на три плеса – Иваньковский, Волжский и Шошинский. По А.В. Гавеману Иваньковским плесом называется участок водохранилища от устья р. Созь до плотины, Волжским – участок от устья р. Созь до г. Твери, Шошинским – затопленная долина р. Шоши.

После создания водохранилища рядом научно-исследовательских учреждений начато системное изучение его гидрологического и гидрохимического режимов, формирование флоры и фауны. Не останавливаясь на ретроспективе многочисленных работ, отметим последнюю монографию «Иваньковское водохранилище. Современное состояние и проблемы охраны» [1], подготовленную коллективом Института водных проблем (ИВП) РАН в 2000 г. В ней рассмотрен широкий круг вопросов гидрологического режима водохранилища, формирования качества вод и накопления загрязняющих веществ в донных отложениях, состояние гидробиоценозов.

В основном, гидрохимический и гидробиологический режимы Иваньковского водохранилища изучены довольно хорошо. Но до настоящего времени нет корректного обобщения результатов многолетних исследований. Это объясняется тем, что исследователи применяли различные методики, критерии, оценки и временные масштабы, что создает часто разнородную картину, иногда даже несопоставимую. Последнее особенно характерно для изучения загрязненности донных отложений. В исследования вовлекаются весьма неоднородные по гранулометрическому составу донные отложения: от тонких илов до разнозернистых песков. Дальнейшая интерпретация результатов весьма затруднительна и степень обоснованности выводов исследований больше определяется субъективными факторами, главные из которых – уровень профессиональной подготовки, эрудиция и опыт автора.

В 1992 – 2003 гг. ГНУ ВНИИГиМ выполнил ряд совместных исследований с Институтом геохимии окружающей среды Гейдельбергского университета (ФРГ) по изучению загрязненности донных отложений различных водных объектов в бассейне р. Волги. Опираясь на полученный опыт, настоящие исследования были выполнены с целью оценки техногенной нагрузки на водохранилища, а также для сопоставления их с другими водными объектами Верхней Волги.

С 1984 г. ИВП РАН проводит гидрохимические наблюдения на 9-ти створах Иваньковского водохранилища [1]. Для последующего сопоставления с гидрохимическими данными к этим створам нами были привязаны основные точки отбора проб донных отложений в водохранилище. Всего было отобрано

25 проб донных отложений собственно водохранилища, из которых 6 в верхнем бьефе плотины, а также 4 пробы на главных притоках.

В верховьях Волжского плеса вблизи г. Городня превышение фоновых значений отмечено только для 3-х металлов: Cd (1-2 игео-классы); Hg (3 игео-класс); Zn (2-3 игео-классы). В районе слияния с Шошинским плесом превышения фоновых концентраций отмечено по Zn (2-3 игео-классы); As (1 игео-класс) и Cu (1 игео-класс). В районе г. Конаково и ниже отмечено некоторое повышение концентраций по Cd (1 игео-класс) и Hg (2 игео-класс); но небольшое снижение концентраций Zn (2 игео-класс). В реке Лопуховка выше г. Конаково отмечено только незначительное превышение концентраций Cd (1 игео-класс), содержание остальных изученных элементов находится на уровне фоновых значений.

Донные отложения Шошинского плеса характеризуются фоновыми значениями концентраций всех элементов, кроме Zn (1 игео-класс).

В устье р. Созь содержание всех металлов и мышьяка находится на уровне фоновых значений, только наблюдается превышение по Zn (2 игео-класс). В бассейне р. Созь были отобраны 2 дополнительные пробы, которые не показывают какое-либо загрязнение тяжелыми металлами и мышьяком.

В акватории Иваньковского плеса отмечено превышение только концентраций Cd (1 игео-класс); Zn (2 игео-класс) и Cu (1 игео-класс). В верхнем бьефе плотины картина загрязнения в целом сохраняется, но отмечается некоторое повышение концентраций Zn (2-3 игео-классы).

В целом следует отметить некоторую специфику загрязненности донных отложений Иваньковского водохранилища. В донных отложениях верхнего бьефа плотины отмечено повышение концентраций только кадмия и меди (табл. 2), содержание остальных элементов близко к средним значениям. Исследования показали, что основным загрязнителем Иваньковского водохранилища является цинк. Техногенная нагрузка по цинку может быть оценена в диапазоне от слабой до умеренной [по 2]. Характерной природной особенностью является повсеместное повышенное содержание в донных отложениях железа и марганца (табл. 2).

Угличское водохранилище – водоем долинного типа, основные параметры которого при НПУ = 113,0 м следующие: площадь – 249 км²; объём – 1,2 км³; длина – 143 км; наибольшая ширина – 5 км; средняя глубина – 5 м; максимальная – 23 м.

В Угличском водохранилище было отобрано 30 проб донных отложений, из которых 6 – в верхнем бьефе плотины, а также 9 проб на главных притоках. Плотность отбора проб не была равномерной, максимальная – вблизи крупных городов: Дубна, Кимры, Белый Городок, Калязин, Кашин.

Наибольшее загрязнение тяжелыми металлами и мышьяком отмечено на участке Дубна – Кимры – Белый Городок. Превышение фоновых концентраций отмечено по Zn (1-3 игео-классы), причем 1 игео-класс отмечен только на участке между Дубной и Кимры; по Hg (2 игео-класс); по As (1 игео-класс). В целом наблюдается постепенное снижение концентраций ртути и мышьяка в донных отложениях вниз по течению от Дубны до Углича. И уже в верхнем бьефе

плотины концентрации этих элементов находятся на уровне их фоновых значений (табл. 2).

В районе г. Калязина отмечается интересная картина загрязнения. В то время как концентрации всех элементов снизились, концентрации цинка и меди максимальны для данного региона ($Zn = 3$ и гео-класс; $Cu = 1-2$ и гео-классы). Возможно, это результат вторичного загрязнения и связан с особыми условиями поведения соединений цинка и меди в водной среде, что требует дополнительных исследований.

Следует отметить также и экологически благополучные водные объекты в данном регионе: реки Кашинка и Корожечна – левые притоки. Донные отложения реки Кашинки выше и ниже г. Кашина содержат все элементы на уровне их фоновых концентраций и только устьевая проба показывает некоторое загрязнение цинком (1 и гео-класс). Отдельные водные объекты характеризуются слабым загрязнением только по одному элементу, например, правый приток р. Нерль - Cd (1 и гео-класс).

Характерной природной особенностью территории Угличского водохранилища, как и Иваньковского, является повсеместное повышенное содержание в донных отложениях железа и марганца (табл. 2), причем содержание марганца может быть охарактеризовано 1-2 и гео-классами.

Сопоставление значений концентраций тяжелых металлов и мышьяка в донных отложениях двух рассмотренных водохранилищ показывает, что загрязненность донных отложений Угличского водохранилища ниже по кадмию, цинку, но выше по ртути и мышьяку. Содержание других элементов практически аналогично или очень близко к их содержанию в донных отложениях Иваньковского водохранилища.. Повышенные концентрации ртути и мышьяка, по-видимому, являются следствием широкого применения в сельском хозяйстве средств защиты растений.

Литература

1. Иваньковское водохранилище: Современное состояние и проблемы охраны / В.А.Абакумов, Н.П.Ахметьева, В.Ф.Бреховских и др. – М.: Наука, 2000. – 344 с.
2. Коломийцев Н.В., Ильина Т.А., Зими́на-Шалдыбина Л.Б. Загрязнение донных отложений как характеристика техногенной нагрузки на водные экосистемы / В сб.: Современные проблемы мелиораций и пути их решения. Том II. - М.: ВНИИГиМ, 1999, с. 103 -119.
3. Коломийцев Н.В., Райнин В.Е., Т.А. Ильина, Зими́на-Шалдыбина Л.Б., Мюллер Г. Исследования загрязненности донных отложений как основа мониторинга состояния водотоков // Мелиорация и водное хозяйство, 2001, № 3, с. 11 - 15.
4. Райнин В.Е., Коломийцев Н.В., Щербаков А.О., Мюллер Г. Оценка техногенной нагрузки на речные экосистемы в бассейне р. Оки по результатам исследования донных отложений // Мелиорация и водное хозяйство, 1994, № 2, с. 14 - 16.
5. Техногенное загрязнение речных экосистем / В.Н.Новосельцев и др. - Под ред. В.Е.Райнина и Г.Н.Виноградовой. – М.: Научный мир, 2002. – 140 с.
6. Экологические функции литосферы / Под ред. В.Т.Трофимова. - М.: Изд-во МГУ, 2000. – 432 с.

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

Е.С. Лепнова, к.т.н.

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Вопросы совершенствования традиционных подходов, способов и показателей состояния мелиоративных объектов актуальны и сложны, так как связаны, с одной стороны, с опасностью отрицательных последствий ирригации, а, с другой, - с многофакторностью воздействий на мелиоративный объект (рис.1).

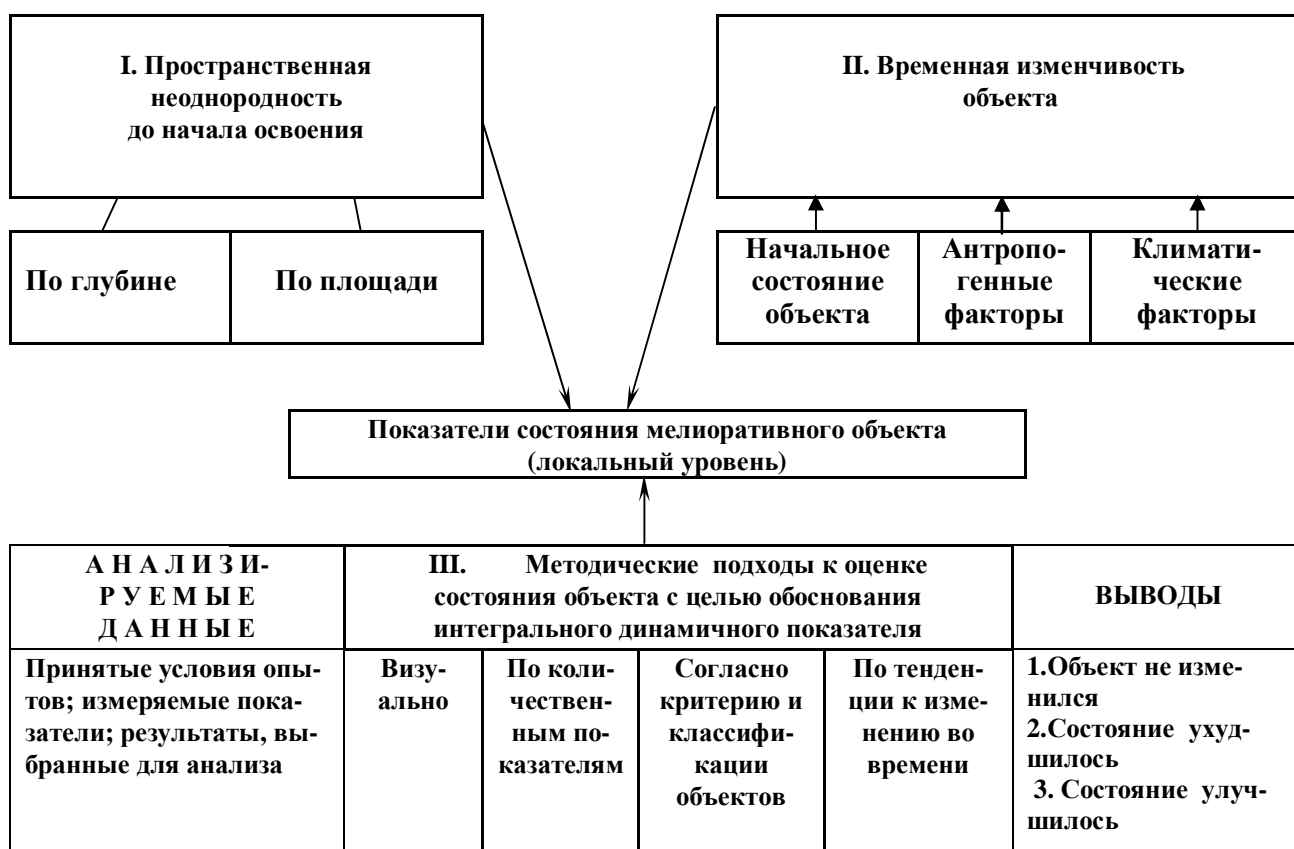


Рис. 1. Схема зависимости состояния объекта от трех групп факторов (локальный уровень)

За основу предлагаемого подхода приняты взгляды основоположников мелиоративной науки и практики и их последователей (Г.К.Ризенкамлф, 1930; А.Н.Костяков, 1932; А.Т.Морозов, 1935; С.Ф.Аверьянов, 1950; В.И.Ольгаренко, 1967, 2003; Никольский Ю.Н, 1998 и др.). При мелиоративных расчетах все авторы рекомендуют рассматривать одну из важнейших характеристик почв и подстилающих их толщ - фильтрационную способность, - как изменяющуюся во времени. Однако, в известных действующих нормативных документах [2 и др.], опираясь на закон Дарси, не учитывают этого положения и фактических неоднородных изменений в показателях их физико-химических свойств. Измене-

ния показателей фиксируются визуально и инструментально в случайных точках на поверхности площадок и по глубине (под каналами, под площадками при периодических промывках их водой) [3]. Неоднозначные изменения трехфазной среды происходят неизбежно, что приводит к пульсации активной пористости. Одновременно изменяются и показатели фильтрационных свойств пористой среды под мелиоративными объектами. При этом степень изменчивости целесообразно оценивать по осредненным результатам внешних воздействий, в частности, согласно режиму работы конкретного объекта. Очевидно, что разные по длительности, интенсивности, периодичности воздействия должны приводить к разным результатам. В мелиоративной практике известны предельные отрицательные последствия длительных воздействий в виде нарушения начальной структуры почв и в виде разрушений участков каналов. В первом случае фильтрационная способность резко снижается, во втором – растет. Вопрос фиксации промежуточного состояния объекта между начальным и фиксируемыми предельными состояниями методически не проработан.

Для достижения поставленной цели предложен интегральный показатель состояния участков мелиоративного объекта (рис.2). В качестве метода испытания на водопроницаемость выбран налив воды в замкнутые опытные площадки, моделирующие условия промывок и работы грунтовых каналов ([2, 3]) в течение 2...4 сезонов. За исходные данные приняты результаты комплексных исследований ВНИИГиМ, САНИИРИ, НИМИ и др. За показатель фильтрационной способности признана величина текущей скорости сработки уровня воды в источниках (V , мм/ч, мм/сут), связанная со сроком службы объекта. Степень изменчивости текущей скорости зависит от начального значения скорости сработки (V_0), от величины слоя воды (h_i , м), размера испытываемой зоны (A_i , м²) за интервалы времени (Δt , $\Sigma \Delta t$; $t_0 < t < t_k$), согласно графикам - $\theta_{отнi} = f(t)$ и $V = f(V_0, t)$. Степень варьирования результатов оценивалась по комплексу приемов и показателей визуально, количественно - $\theta_{отнi}$, %, г - и по общей тенденции к изменению во времени по $\theta_{отнi} = f(t)$. При этом проверялись визуально и количественно на сходимость (близость по форме и ординатам) графики параллельных опытов (рис. 2). Затем они дополнялись аналогично обработанными данными последующих сезонов наблюдений. Ряды значений V (за пятидневные интервалы), подлежащие осреднению как параллельные и сопоставимые, были представлены как осредненные по двум-четырем площадкам, что позволяет их считать более представительными. Каждой точке осредненного ряда отвечало 20...100 единичных результатов измерений (при общей сумме более 3,5 тыс. ед.). Заключение об идентичности и закономерности хода фильтрации на разных площадках или в разных сезонах на однотипных площадках оценивалось по величине корреляционной связи r . Сопоставлялись:

- ряд первичных опытов с данными повторных;
- ряды первичных опытов на разных площадках;
- ряд опытных данных с рядом значений экспериментальной зависимости, построенной по методу наименьших квадратов;
- ряд значений V , полученный в другом регионе (Колхозоабдский полигон ВНИИГиМ в Таджикистане) с рядами данных первичных и повторных опытов Голодностепского полигона ВНИИГиМ в Узбекистане.

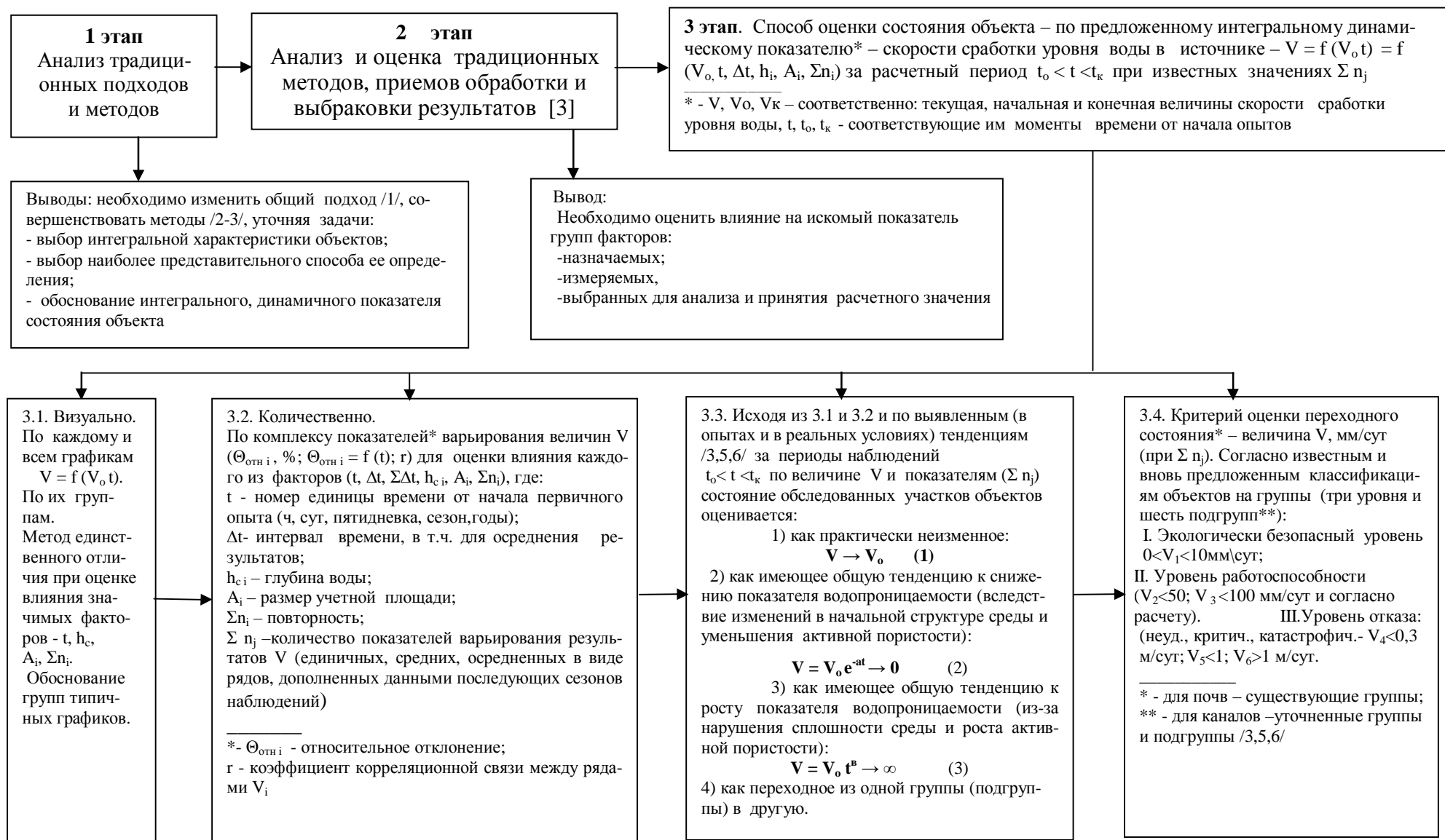


Рис. 2. Схема обоснования способа для оценки состояния мелиоративного объекта

Получены величины γ более 0,8...0,9 [3]. Снижающаяся динамика $V=f(V_0t)$, проверенная на пространственно-временную изменчивость, была представлена полулогарифмической зависимостью [формула (2) рис.2]. Аналогичную зависимость находим в [4]. Факт снижения фильтрационной способности за многие годы освоения можно оценить по данным ВНИИГиМ на пяти основных категориях почв (А.Т.Трунова, 1981). Фактический переход разных типов почв из одной группы в другую оценен [6]. Общий диапазон величин установившейся скорости сработки известен из литературы и составляет 50...5 мм/ч для целинных земель. Сравнив его с полученным в опытах для четырех регионов Средней Азии - 18...3мм/ч, – можно видеть резкое снижения фильтрационной способности почв на староорошаемых площадях.

Полученная нам полулогарифмическая зависимость (2) совпала с приведенной в публикации [4] при показателе степени со знаком «минус». Смена знаков в [4] отражала условия моделирования работы отсеков соответственно при эффективных и недостаточно эффективных противofильтрационных одеждах. При этом продолжительность работы отсеков каналов представлена в формуле как порядковый номер года (всего наблюдения велись около 20 лет).

Выявленная нами зависимость (2) отразила ход фильтрации под площадками, подвергавшимися промывкам в течение 1...2 сезонов. При среднесуточном снижении V всего на 1,5 мм/сут за два сезона значения V снизились в 7 раз (от 15 к 2 мм/сут; от 350 к 50 мм/сут). Судя по графикам $\theta_{отн}=f(t)$, приближение величин V к нулевому значению продолжалось. За предельную принята величина 10 мм/сут, как среднесуточный слой испарения с водной поверхности [3]. Итак, за два сезона опытов практически неизменная тенденция к снижению отразила постепенный переход испытываемых зон из состояния почв III категории (средние суглинки) в V-ю (тяжелые суглинки и глины). В реальных условиях орошения результаты такой тенденции проявляются много дольше.

Применяя ту же последовательность обработки данных для фильтрации из каналов, была получена степенная зависимость (3). Она, подобно закономерностям, описываемым полулогарифмической зависимостью в работе [4] с положительным показателем степени, отразила постепенный рост удельных потерь. При этом по (3) увеличение скорости сработки уровня было явно выше ($\Delta V=3$ мм/сут), так как противofильтрационное покрытие не применялось. При общем изменении величин V в отсеках (от 300..400 до 1200 мм/сут) зафиксированы значения на отдельных учетных зонах полигона (шурфы, кольца в отсеках) в пределах 2...4 и даже 10 м/сут. Этот факт отразил резкие изменения в состоянии испытываемых зон с увеличением слоя воды. Так, величина 10 м/сут зафиксирована в шурфе, где после осушения до дна были обнаружены воронки, признанные суффозионными. Изоляция их привела к снижению значений V от 10 до 3 м/сут с одновременным снижением показателя варьирования от 60%...70% до 10%.

Подтверждением зафиксированного в опытах роста удельных потерь является анализ результатов натуральных наблюдений САНИИРИ (в условиях Голодной степи) на четырех типах каналов с учетом срока их службы (выбрано 27 участков с общей протяженностью около 4 км). Показатели, отразившие про-

странственно-временную изменчивость состояния этих групп каналов-отсеков, представлены в работах [3, 6]. Они наглядно характеризуют сложность сохранения достигнутых требуемых характеристик противофильтрационных одежд, проработавших более 3...5...7 лет. Сравнительный анализ позволяет сделать заключение, принципиально отличное от заключения автора, признавшего, что увеличение потерь выше максимально зафиксированных ($V=0,86$ м/сут) вряд ли возможно [3, 6].

Исходными данными для общего анализа послужили не вызывающие сомнений результаты комплексных исследований, проведенных совместно и параллельно в среднеазиатских экспедициях ВНИИГиМ (В.Е.Райнин, 1964; Г.Н.Виноградова, 1967; И.П.Мочалов, 1960, 1966; А.Е.Михалева, 1972; В.Н.Коренев, 1966; Е.А.Макарычева, 1970; Е.С.Лепнова [3]; Н.П.Одинцова, 1970; Т.А.Трунова, 1981 [6]), в САНИИРИ, 1969, 1973 [6]; УОС Голодностеп-строа [3], а также НИМИ (В.И.Ольгаренко, 1967, 2003; Т.А.Капустина, 1996). Сопоставив исходные результаты, полученные по традиционным методикам на Голодностепском полигоне (совхоз 7; Узбекистан), можно видеть разброс в 2,5 тыс. раз (единичные значения K_{ϕ} варьируют в диапазоне от 0,002 до 5 м/сут), а расчетные, осредненные по глубине и по площади показатели отличались в 15 раз (от 0,14 до 2,1 м/сут) при указанных в данных работах разных сроках стабилизации (от 0,5 до 70 сут). Сделан вывод [3], что существующие методики и способы определения показателей водопроницаемости рассчитаны на характеристику однородных сред, неизменных во времени по показателям свойств. В изученных условиях опробована 20-ти метровая толща зоны аэрации, которая была представлена неоднородными лессовидными линзообразно-слоистыми грунтами. Согласно классификации зона отнесена к непросадочным при бытовом давлении грунтам. Вопрос о поиске динамического показателя водопроницаемости не ставился. В целом это и привело к выбору предлагаемого подхода.

После анализа богатого экспериментального материала, накопленного ВНИИГиМ, САНИИРИ, НИМИ и др., было предложено [5,6] использовать существующую градацию почв (от песчаных до глинистых) по величине установленной скорости впитывания ($1200 > V > 100$, мм/сут) и предлагаемую уточненную градацию каналов - по величине удельных потерь (V , л/сут/м² площади зеркала). Диапазон величин V практически тот же, что и для почв ($10 < V < 1000$ мм/сут, л/сут/м²). Таким образом предлагается использовать единый интегральный показатель для характеристики фильтрационных свойств грунтовых толщ, подстилающих ложе каналов и почвенные покровы. Оросительные каналы с учетом известных градаций предложено делить на три уровня. С учетом растущих требований к состоянию каналов и для характеристики локальных участков объектов, в т.ч. микролокальных, предусмотрено деление на шесть подгрупп, характеризующих

- экологически безопасное состояние (V_1 - менее 10 мм/сут);
- работоспособное ($V_2 < 5$ и $V_3 < 100$ мм/сут; уточнение - по проекту);
- состояние отказа: неудовлетворительное при V_4 - менее 0,3 м/сут; критическое при V_5 - менее 1 м/сут, катастрофическое при V_6 - более 1 м/сут.

В настоящее время при водохозяйственном воздействии изменения в состоянии объектов из-за динамичности фильтрационной способности пористых сред (на локальном и микролокальном уровне), из-за их пространственной неоднородности и разного воздействия на них водой остаются практически неучтенными. Как показали исследования, близкое к экологически безопасному для окружающей среды состояние, так же как хорошее или вполне благополучное с точки зрения эксплуатации, может перейти в неудовлетворительное, далее - в критическое и катастрофическое [6]. Своевременная оценка этих переходов остается актуальным и методически недостаточно проработанным вопросом. Это имеет важное значение для оросительных каналов, проложенных в грунтовом русле, а также и для каналов с противофильтрационным покрытием, теряющим эффективность с увеличением срока службы, и для площадей под промывкой.

Для обеспечения безопасности водохозяйственного воздействия на орошаемых территориях необходим контроль за динамикой удельных потерь на фильтрацию с учетом предлагаемого подхода, показателей и классификации.

Литература

1. А.Н.Костяков. О динамике коэффициента просачивания воды в почво-грунты и необходимости динамичного подхода к его изучению в мелиоративных целях.- «Почвоведение», №3, 1932.
2. Грунты. Методы полевых испытаний проницаемости: ГОСТ 23278.78, м., 1986.
3. Е.С.Лепнова. Исследование изменений водопроницаемости лессовидных слоистых грунтов в процессе периодического их промачивания на мелиоративных системах; Дис. канд. техн. наук.- М., ВНИИГиМ, 1979.
4. Dedrick A.R. and Laurizen C.W. Earth Linings for Seepage Control: Evaluation of Effectiveness and Durability, April, 1974.
5. Е.С.Лепнова. Экологические ограничения на изменение показателя фильтрационных потерь из каналов. Сб. Вопросы мелиорации. № 3-4, 2002.
6. Е.С.Лепнова. Способ оценки состояния мелиоративных объектов в зоне орошения. – МиВХ, № 6, 2002.

УДК 631.671

К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ В РОССИИ

Ю.С. Лялин, к.т.н.

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Оросительные мелиорации и орошаемое земледелие представляют собой единый комплекс, который относится к природно-хозяйственной деятельности и основывается на комплексном использовании водных и земельных ресурсов. В то же время они могут оказывать существенное отрицательное воздействие на природную среду. Поэтому важной задачей оценки существующего состояния и перспектив дальнейшего развития этих видов деятельности является совершенствование научно-методических и организационных основ изучения

природных условий орошаемых территорий для повышения экономической эффективности и экологической безопасности мелиоративных объектов.

Наиболее полное решение комплексных задач развития оросительных мелиораций и орошаемого земледелия в нашей стране, как и во всем мире, может быть найдено при использовании подходов устойчивого развития. Такие подходы нашли официальное закрепление в документах ООН, принятых в Рио-де-Жанейро в 1992г. (Рио-92) [1], в Нью-Йорке в 1997г. (Рио+5) [2] и Йоханнесбурге в 2002г. (Рио + 10) [3], достаточно широко используются МКИД. На целесообразность использования подходов устойчивого развития при решении проблем мелиорации в нашей стране мы уже обращали внимание [4-6].

Под устойчивым развитием мирового сообщества и отдельных государств в документах ООН [1-3] понимается необходимость комплексного решения экономических, социальных и экологических проблем с учетом интересов нынешнего и будущих поколений и необходимости поддержания благоприятного состояния природно-ресурсного потенциала и окружающей среды. Под устойчивым развитием оросительных мелиораций нами предлагается понимать их проведение в таком виде, масштабах и темпами, которые обеспечивают требуемый уровень экономической эффективности, социальной адаптации и экологической безопасности для конкретного этапа перехода России к устойчивому развитию. К сожалению, официальная стратегия устойчивого развития России на долгосрочную перспективу пока отсутствует, несмотря на многочисленные решения самого высокого государственного уровня о ее создании. Поэтому при рассмотрении отраслевых и региональных проблем приходится ориентироваться на более общие мировые подходы.

Для обеспечения устойчивого развития оросительных мелиораций в России, на наш взгляд [4-6], представляется необходимым скорейшая апробация методики оценки экономической эффективности инвестиционных проектов в мелиорацию [7] на отраслевом, бассейновом и региональном уровнях; разработка усовершенствованной методологии и методов проведения всех видов мелиоративных изысканий с учетом требований указанного документа, новой системы нормативных документов в строительстве [9], а также нового законодательства РФ в сфере рационального использования и охраны природных ресурсов [10-13]; создание на этой основе новой нормативной и методической базы мелиоративной деятельности; оценка долгосрочных перспектив развития мелиораций как элемента устойчивого развития АПК России, обеспечения ее продовольственной безопасности; инвентаризация и паспортизация существующего фонда орошаемых и других мелиорированных земель, оценка их современного состояния и перспектив дальнейшего использования в новых социально-экономических условиях.

Изучение природных условий орошаемых территорий выполняется в ходе проведения мелиоративно-природных изысканий, которые выполняются на всех стадиях мелиоративной деятельности от планово-проектных до эксплуатации и реконструкции (ликвидации). В составе мелиоративно-природных изысканий выделяют топо-геодезические, почвенные, гидрологические и комплексные гидрогеологические и инженерно-геологические изыскания. Разра-

ботку научно-методических основ проведения этих изысканий выполняют соответствующие специалисты в области естественных наук. Для обоснования наиболее сложных и специфических видов мелиоративно-природных изысканий (мелиоративно-почвенных и мелиоративно-гидрогеологических) сложились специальные прикладные направления науки - мелиоративное почвоведение и мелиоративная гидрогеология.

В настоящее время в структуре изысканий для гражданского строительства произошли существенные изменения. В качестве самостоятельного вида выделены в том числе инженерные экологические изыскания [14, 15]. Появление и официальное закрепление экологических изысканий в качестве самостоятельного вида определяет необходимость появления, на наш взгляд, аналогичных разделов и в отраслевых нормативно-методических документах, в том числе и мелиоративной направленности. Существенное значение при рассмотрении этого вопроса имеют терминологические аспекты.

Термин "экология" и производные от него существительные и прилагательные (экосистемы, геоэкология, экологическая безопасность и т.д.) получили в последнее время чрезвычайно широкое распространение в нашей стране. При этом авторы часто вкладывают в эти понятия существенно разный смысл. Изначально в СССР под экологией понималась наука о взаимосвязи живых и неживых организмов в природных объектах. Это соответствует современному международному понятию "экосистемы". В последние 20-25 лет понятие "экология" и производные от него стали приравнивать к международному понятию "окружающая человека среда", т.е. включать в это понятие не только природные, но и социально-экономические ее компоненты. В частности, такой подход получил официальный статус при переводе документов Рио-92 на русский язык. Некоторые отечественные авторы соотносят понятие "экология" и производные от него только с вопросами взаимоотношения человека с окружающей природной средой, включая охрану и состояние природно-ресурсного потенциала. Часто рассматриваемые понятия используются при оценке взаимодействия различных видов антропогенной деятельности с окружающей средой, в первую очередь с ее природными компонентами. Такой подход широко используется при оценке экологической безопасности техногенных воздействий, в том числе и в новых строительных правилах по производству экологических изысканий [15]. При этом в ряде случаев рассматриваются только особенности влияния объектов на окружающую среду, но иногда одновременно предусматривается оценка подверженности объекта воздействию окружающей среды.

Широкое толкование рассматриваемых понятий обуславливает необходимость их строгого определения в каждом конкретном случае, в том числе и при решении проблем оросительных мелиораций. Достаточно часто в этом случае под экологическим обоснованием понимаются как вопросы рационального использования водных и земельных ресурсов при проведении мелиорации (т.е. создание оптимальных мелиоративных режимов), так и вопросы обеспечения экологической безопасности мелиоративной и сельскохозяйственной деятельности на орошаемых территориях. В связи с появлением новых нормативов по

проведению экологических изысканий более правильным представляется рассматривать эти вопросы отдельно.

Вопросам обеспечения экологической безопасности мелиоративной деятельности вообще, и оросительных мелиораций, в частности, уделялось определенное внимание при осуществлении широкомасштабной программы мелиоративного строительства в СССР в 70-80-ые годы прошлого столетия. Эти вопросы рассматривались в ходе проведения соответствующих видов мелиоративно-природных изысканий (почвенных, гидрологических, комплексных гидрогеологических и инженерно-геологических) одновременно с обоснованием рациональных мелиоративных режимов и вариантов мелиоративного обустройства территории. Однако не все необходимые вопросы удавалось решать на нужном уровне, а многие выполненные научно-методические разработки не нашли применения на практике, что во многом определялось отсутствием соответствующих регулирующих механизмов природопользования на государственном уровне. Это привело к развитию негативных, а иногда и кризисных ситуаций в отдельных регионах и речных бассейнах. Именно этот факт часто использовался для острой критики в адрес Минводхоза СССР в последние годы существования страны. При этом не учитывалось, что недостаточное внимание к проблемам использования природных ресурсов, которые были бесплатными, и охране окружающей среды было отличительной чертой всей социально-экономической системы того времени. Многие негативные последствия такой политики сказываются до сих пор.

В настоящее время вопросы обеспечения экологической безопасности всех видов хозяйственной деятельности привлекают самое пристальное внимание. Создается новая законодательная и нормативно-правовая база по использованию природных ресурсов и охране окружающей среды, все большее распространение получают эколого-экономические подходы, основанные на платности природных ресурсов и экономических санкциях за нанесение ущерба окружающей природной среде. Все это, наряду с изменением общей системы нормативных документов в строительстве, появлением новых методик расчета экономической эффективности инвестиционных проектов, требует скорейшей модернизации нормативной и методической базы проведения оросительных мелиораций. При этом вопросы нормативно-методического обеспечения экологических изысканий должны решаться в увязке с совершенствованием всей системы мелиоративно-природных изысканий, которые имеют существенную специфику.

Для проведения сельскохозяйственных мелиораций в СССР была создана многоуровневая система нормативных и методических документов. Она включает специальные СНиПы по мелиоративному строительству, ведомственные строительные нормы (ВСН) по выполнению различных видов проектных и изыскательских работ, инструктивные материалы по контролю мелиоративного состояния земель и технического состояния сооружений, методические руководства, указания, пособия и рекомендации по многим вопросам, а также целый ряд отраслевых стандартов. Имеется большой опыт использования этой документации на разных стадиях проведения мелиоративных работ, который в мак-

симальной степени должен быть использован при совершенствовании системы новых отраслевых нормативных и методических документов.

Состав и структура нормативно-методической базы мелиоративной деятельности с учетом существовавших ранее и новых документов федерального уровня представляются следующими:

- СНиП по созданию и эксплуатации мелиоративных систем и сооружений в новых социально-экономических условиях, отражающий все наиболее важные аспекты мелиоративной деятельности, в частности особенности проведения изысканий на разных стадиях;

- вновь разработанные «Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель» [7];

- отраслевые строительные нормы (аналоги прежних ВСН) по выполнению конкретных видов планово-проектных, изыскательских, строительных и эксплуатационных работ с обоснованием требований к их составу и качеству;

- методические руководства и указания по выполнению отдельных видов мелиоративных работ, в частности по мелиоративно-природным изысканиям, обосновывающие общие методические подходы (методологию) и особенности проведения работ на разных стадиях изысканий и в разных природно-хозяйственных условиях;

- методические пособия и рекомендации по выполнению конкретных видов работ для повышения их качества и /или снижения необходимых затрат;

- отраслевые стандарты по специфическим вопросам мелиоративного строительства, дополняющие систему действующих международных стандартов и ГОСТов.

Рассмотренная структура требует дальнейшего обсуждения и, возможно, корректировки, однако вопрос скорейшей ее разработки, официального утверждения и приведения в соответствие с ней существующих документов представляется крайне важным и срочным.

Существенной спецификой будет отличаться методика экологического обоснования оросительных и осушительных мелиораций. Общие правила и рекомендуемые процедуры экологического обоснования гражданского строительства в Российской Федерации регламентируются в настоящее время СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» [14], а также СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства» [15]. Целью инженерно-экологических изысканий и принимаемых на их основе технико-экономических решений является предотвращение, минимизация, ликвидация или компенсация вредных и нежелательных последствий воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду. В соответствии с [11] запрещается хозяйственная и иная деятельность, последствия воздействия которой на окружающую среду непредсказуемы или недостаточно обоснованы. Затраты на проведение экологического обоснования и реализацию средоохраняющих мероприятий должны быть учтены в оценке общей экономической эффективности рассматриваемого объекта /8/).

В качестве основных задач экологических изысканий для обоснования оросительных мелиораций целесообразно рассматривать:

- изучение современного состояния компонентов окружающей среды (в первую очередь природных), их взаимодействия и влияния на условия жизни и деятельности человека (исходная экологическая обстановка);

- прогноз ожидаемых изменений окружающей среды, условий взаимодействия природных компонентов с антропогенными объектами и человеком при намечаемых мелиоративных и других воздействиях в конкретных природно-хозяйственных условиях;

- оценку влияния существующего и прогнозируемого экологического состояния объекта на выбор средоохранных мероприятий для обеспечения требуемого уровня экологической безопасности мелиоративной деятельности и общей экономической эффективности рассматриваемого объекта.

Экологическое обоснование оросительных систем, как и всех объектов гражданского строительства, должно выполняться на всех стадиях мелиоративной деятельности: прединвестиционной (концепции, программы, схемы отраслевого и территориального развития, комплексного использования и охраны природных ресурсов, схем инженерной защиты и т.п.); предпроектной (обоснование инвестиций в строительство объектов, промпредприятий и комплексов); проектной (проекты и рабочая документация, включая расширение и реконструкцию объекта), строительства, эксплуатации и реконструкции или ликвидации мелиоративных объектов. На стадии эксплуатации экологическая безопасность объекта должна обеспечиваться посредством организации в том числе мелиоративно-экологического мониторинга за состоянием мелиоративной сети, эффективностью защитных и природоохранных мероприятий и динамикой экологической ситуации.

В качестве основных разделов экологического обоснования гидромелиоративных систем с учетом [15] представляется возможным выделить: гидрогеологическое обоснование; инженерно-геологическое; гидрометеорологическое; почвенное; социально-экологическое, медико-биологическое и санитарно-эпидемиологическое; газогеохимическое; радиационное; характеристику растительности; характеристику животного мира; оценку вредных физических воздействий. В [15] четкое выделение отдельных разделов экологических изысканий отсутствует и вышеприведенные разделы включены в общий состав изысканий наряду с работами по сбору и анализу материалов, дешифрированию аэроснимков, проходкой горных выработок и т.д., которые могут выполняться в разных разделах.

В каждом из указанных разделов должен рассматриваться определенный набор конкретных показателей, который характеризует особенности экологической обстановки на рассматриваемой территории, возможность и особенности отрицательного воздействия на окружающую среду. Именно по выделенным разделам представляется наиболее правильным выполнять оценку возможного воздействия мелиоративной деятельности на окружающую среду.

Гидрогеологическое, инженерно-геологическое, почвенное и гидрологическое экологическое обоснование оросительных мелиораций являются частью

традиционных видов природного обоснования мелиоративной деятельности. В них одновременно рассматривают как вопросы оптимального использования природных ресурсов, так и вопросы обеспечения экологической безопасности мелиоративных объектов по соответствующим направлениям. Эту практику представляется необходимым сохранить. В статье [17] о новых нормативах для мелиоративного строительства экологическое обоснование мелиораций рассматривается вне связи с существующими видами мелиоративно-природных изысканий, что представляется недостаточно обоснованным. Вновь разрабатываемые нормативно-методические документы по проведению мелиоративно-природных изысканий должны быть усовершенствованы с учетом новых подходов к обеспечению экологической безопасности мелиоративной деятельности и оценке ее общей экономической эффективности. В первую очередь необходимо усовершенствовать общую методологию проведения всех видов изысканий, обеспечив необходимый уровень их взаимоувязки.

Наиболее существенные изменения в общей методологии изысканий следуют из новых требований к оценке эффективности инвестиционных проектов [8]. Новым принципиальным моментом оценки является необходимость учета неопределенностей и рисков (экономических, политических, экологических и т.д.) при оценке эффективности мелиоративной деятельности.

Те или иные неопределенности (ошибки) всегда присутствуют при изучении и прогнозировании мелиоративно-природных условий орошаемых территорий. Они зависят от целого ряда факторов и по-разному могут влиять на неопределенности и риски принимаемых на их основе технико-экономических решений. Для анализа и учета возможного влияния качества мелиоративно-природных данных на технические и экономические неопределенности и риски требуется количественная оценка возможных ошибок при определении соответствующих расчетных показателей. По этим данным может быть выполнен факторно-диапазонный или вероятностный анализ их влияния на неопределенности и риски экономической эффективности мелиоративных проектов.

Характер и величина возможных ошибок мелиоративно-природного обоснования определяются:

- полнотой и качеством материалов об общих особенностях природных условий рассматриваемой территории;
- степенью изученности основных закономерностей изменения отдельных компонентов природной среды и их взаимодействий при проведении оросительных мелиораций, степенью адекватности математических, балансовых и других моделей, используемых для их описания и выполнения гидрогеодинамических и гидрогеохимических расчетов;
- надежностью обоснования глубины существенного взаимодействия оросительных мелиораций с природной средой, которая определяется обычно гидрогеологическим строением территории;
- точностью и представительностью основных и вспомогательных методов определения параметров и показателей, используемых в указанных моделях и расчетных формулах;

- изменчивостью отдельных показателей в пространстве и во времени, степенью их изученности на конкретном объекте, принятыми методами интерпретации исходных данных при составлении карт;

- особенностями схематизации мелиоративно-природных условий при выполнении прогнозных и специальных расчетов;

- применяемыми методами выполнения прогнозных и специальных расчетов и интерпретации полученных данных.

Существующие подходы к выбору состава и объемов изыскательских работ на разных стадиях мелиоративной деятельности должны корректироваться теперь с учетом допустимой степени влияния их качества, определяемого величиной возможных ошибок, на оценку общей экономической эффективности рассматриваемого проекта при требуемом уровне его экологической безопасности. Для решения указанных вопросов важным представляется проведение мелкомасштабного мелиоративно-природного районирования зоны недостаточного увлажнения России и составление соответствующих региональных и федеральных банков данных.

Выполнение работ по разделам экологических изысканий, не входившим в состав вышеуказанных традиционных изысканий на мелиоративных объектах, должно проводиться на основе действующих документов федерального уровня с привлечением, при необходимости, специализированных организаций или квалифицированных специалистов в соответствующих предметных областях. Состав таких работ по дополнительному мелиоративно-экологическому обоснованию (дополнительных или специальных мелиоративно-экологических изысканий) определяется особенностями природно-хозяйственных условий конкретного объекта и требованиями [14, 15]. Их результаты целесообразно представлять в виде самостоятельных отчетов.

Результаты экологического обоснования, содержащиеся в отчетах по вышеуказанным видам традиционных мелиоративно-природных изысканий, должны (вместе с данными дополнительных экологических изысканий) являться основой соответствующего раздела проектной и предпроектной документации по разработке системы необходимых средоохранных или компенсационных мероприятий и мелиоративно-экологического мониторинга. Здесь необходима комплексная оценка возможного влияния намечаемых мелиоративных мероприятий и особенностей сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях на окружающую среду и проведено комплексное мелиоративно-экологическое районирование. На основании этого районирования определяется оптимальный состав и компоновка средоохранных мероприятий для выделенных районов. В вышеуказанной статье [17] предлагается составлять для этого ландшафтно-экологическую карту. Однако в основу мелиоративно-экологического районирования более правильно положить земельно-кадастровый подход, определяющий особенности использования земельных и водных ресурсов, поскольку выбор состава и определение эффективности возможных средоохранных мероприятий, которые должны отражаться на этой карте, определяются в первую очередь особенностями хозяйственного исполь-

зования соответствующих речных бассейнов, мелиорируемых и прилегающих площадей и особенностями объектов.

Методику составления и макет карты мелиоративно-экологического районирования необходимо разработать в ближайшее время, предусмотрев возможность ее составления и использования с помощью ГИС-технологий. Как вытекает из опыта природного обоснования мелиоративного строительства, состав отражаемой на карте информации должен быть единым для разных масштабов картирования, выполняемого на отдельных стадиях проектирования. На картах мелкого масштаба может выполняться та или иная интеграция отражаемой информации.

Литература

1. Доклад Конференции Организации Объединенных наций по окружающей среде и развитию. Рио-де-Жанейро, 3-14 июня 1992 года. Том 1. Резолюции, принятые на Конференции. - Нью-Йорк: издание ООН, 1993. 540 с.
2. Программа действий по дальнейшему осуществлению Повестки дня на XXI век. Приложение к резолюции, принятой Генеральной Ассамблеей на ее девятнадцатой специальной сессии (23-28 июня 1997 г.). - Нью-Йорк: издание ООН, 1997. 55 с.
3. План выполнения решений Всемирной встречи на высшем уровне по устойчивому развитию. Принята на 17-пленарном заседании Генеральной Ассамблеи ООН 4 сентября 2002 г. Йоханнесбург, 2002. 91 с.
4. Шумаков Б.Б., Лялин Ю.С. Активно участвовать в решении проблем устойчивого развития. // Вопросы мелиорации, 1996, № 5-6. С.63-71.
5. Шумаков Б.Б., Решеткина Н.М., Парфенова Н.И., Манукьян Д.А., Лялин Ю.С., Исаева С.Д. Основные задачи природного обоснования устойчивого развития оросительных мелиораций // Сб. Проблемы гидрогеологии, инженер. геологии и почвоведения. М.: ВНИИГиМ, 1996. С.21-30.
6. Лялин Ю.С. Мелиоративно-гидрогеологические аспекты стратегии устойчивого развития оросительных мелиорации // Вопрос мелиорации, 2000, № 1-2.
7. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель (РД-АПК 3.00.01.003-03).
8. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция). М.: “Экономика”, 2000. 421 с.
9. СНиП 10-01-94. Система нормативных документов в строительстве. Основные положения. - М.: Госстрой России, 1999.
10. О мелиорации земель. Федеральный закон РФ № 4-ФЗ. Москва, Кремль, 10.01.96 г.
11. Об охране окружающей природной Среды. Федеральный закон РФ. М.: 2002г.
12. Водный кодекс РФ. № 167-ФЗ. - Москва, Кремль, 16.11
13. Земельный кодекс РФ. М.: 2002 г.
14. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. - М.: Минстрой России, 1997.
- 15.. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изысканий для строительства. М.: Госстрой России, 1997. 42 с.
16. Инженерные почвенно-мелиоративные и ботанико-культуртехнические изыскания. М.: Госэкомелиовод, 2002.
17. Маслов Б.С., Кормыш Е.И. О подготовке новых СНиП по мелиорации// Мелиорация и водное хозяйство, 2002, № 4. С. 12-15.

ВЛИЯНИЕ ВОДНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ФИЗИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ МОСКВОРЕЦКОЙ ПОЙМЫ

Н.А. Муромцев, д.с.-х.н.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, Россия;

А.В. Шуравилин, д.с.-х.н., К.Б. Анисимов

РУДН, Москва, Россия

Систематическая обработка тяжелой техникой, осушительно-увлажнительные мелиорации нередко вызывают заметные изменения плотности сложения, пористости и других агрофизических свойств почв. Однако наши исследования, выполненные на аллювиальных почвах долины реки Москвы (Одинцовский стационар Почвенного института им. В.В. Докучаева), показали, что за 20-ти летний период в пахотном горизонте существенных изменений в плотности сложения почв не произошло. Отмечается лишь некоторая тенденция ее возрастания (табл.1).

Таблица 1. Изменение плотности сложения под влиянием многолетнего использования аллювиальных мелиорированных почв, г/см³

Группа пойменных почв								
дерновая супесчаная			луговая легкосуглинистая			луговая остаточно-болотная легкосуглинистая		
Глубина, см	1981г.	2002г.	Глубина, см	1981г.	2002г.	Глубина, см	1981г.	2002г.
0-20	1,09	1,09	0-20	0,91	0,93	0-20	1,04	1,03
20-35	1,09	1,13	20-29	0,91	1,11	20-38	1,04	1,12
35-65	1,09	1,28	29-56	0,93	1,24	38-60	1,05	1,21
65-120	-	1,31	56-80	-	1,28	60-90		1,29
более 120	-	1,38	80-100	-	1,27	116-150		1,38
			100-130	-	1,27			
			130-150	-	1,36			

Наибольшее увеличение плотности сложения происходит в подпахотном горизонте на глубинах от 30 до 65 см. Здесь плотность сложения возрастает с 0,91-1,09 до 1,21-1,27 г/см³. Отсюда следует, что непосредственно под пахотным горизонтом образуется более уплотненный слой. Его происхождение вызвано, главным образом, интенсивным давлением на почву тяжелых сельскохозяйственных культур и транспортных средств в течение многолетнего сельскохозяйственного использования.

В более глубоких горизонтах (глубже 56-65 см) плотность сложения оставалась на уровне 1,22-1,38 г/см³. В пойменных дерновых почвах, практически незаболоченных при глубоком залегании верховодки, во всех почвенных горизонтах ниже 65 см плотность сложения составляла 1,31-1,38 г/см³. В луговых и луговых остаточных-болотных почвах глубже 55-65 см с более высоким стоянием верховодки величина плотности сложения была несколько меньше.

Следует отметить, что на участках под травами, происходит разуплотнение и частичное восстановление исходно низкой плотности сложения пойменных почв. После уменьшения нагрузки на почву и ее залужения плотность сложения подпахотного горизонта уменьшается. Существенное разуплотнение пойменных почв достигается проведением глубокого мелиоративного рыхления [3].

С увеличением плотности сложения, общая пористость пойменных почв уменьшилась (табл.2). Общая пористость почвы до осушения была достаточно высокой (60-65%) как в пахотном, так и в подпахотном горизонтах (до 60 см). После осушения на пойменных почвах выращивались кормовые культуры. По данным 1981 г. пористость в верхнем горизонте почвы (до 29-38 см) составляла 59-59,2% в дерновых супесчаных почвах, 65,6-66,2% - в луговых легкосуглинистых, и 59,7-60,1% - в луговых остаточных-болотных почвах. Такие значения общей порозности являются благоприятными для возделывания всех сельскохозяйственных культур.

Таблица 2. Изменение пористости под влиянием многолетнего использования аллювиальных мелиоративных почв, %

Группа пойменных почв								
дерновая супесчаная			луговая легкосуглинистая			луговая остаточная-болотная легкосуглинистая		
Глубина, см	1981г.	2002г.	Глубина, см	1981г.	2002г.	Глубина, см	1981г.	2002г.
0-20	59,18	59,18	0-20	65,20	65,42	0-20	59,7	60,07
20-35	59,18	57,68	20-29	65,20	58,74	20-38	59,7	56,59
35-65	59,02	51,87	29-56	65,60	54,07	38-60	60,1	53,23
65-120	-	51,12	56-80	65,60	51,88	60-90		51,87
более 120	-	48,89	80-100	-	54,88	116-150		54,48
			100-130	-	52,96			48,89
			130-150	-	49,63			

После осушения и длительного использования почв пористость снизилась в подпахотном горизонте (35-65 см) до 51,9-53,2%, за счет межагрегатной пористости. В более глубоких почвенных горизонтах порозность снизилась до 51-48,9%, оставаясь все еще достаточно высокой. Наиболее значительно она сократилась в неоглеенной дерновой почве (до глубины более 120 см). В оглеенных луговых и лугово-болотных почвах ее уменьшение не так велико. В целом

распашка пойменных дерновых почв вызывает уменьшение плотности сложения и увеличение общей пористости гумусового горизонта. Плотность твердой фазы почвы при этом не изменяется.

Физическое состояние почв в значительной мере определяется их агрегатным составом. В сухом состоянии агрегатный состав почвы после мелиорации и использования под пропашные культуры характеризовался достаточно высокой оструктуренностью (Базыкина, Муромцев, 1991).

В дерновой почве супесчаного гранулометрического состава содержание агрономически ценных агрегатов в слое 0-35 см составило 60,4% при коэффициенте структурности 1,5-3 (табл. 3). В подпахотном горизонте (35-65 см) содержание агрономически ценных агрегатов снизилось до 53,1%, а коэффициент структурности уменьшился до 1,13. После 20-ти летнего выращивания технических культур, а в последние годы многолетних трав, содержание агрономически ценных агрегатов в дерновой супесчаной почве заметно снизилось. Так, в пахотном (0-20 см) слое этой почвы содержание агрономически ценных агрегатов осталось на том же уровне, что и в 1981 г. [1]. Однако в подпахотном горизонте (35-65 см) содержание агрегатов размером 10-0,25 мм уменьшилось по сравнению с 1981 г. с 53,1 до 49,5%, а коэффициент структурности – с 1,13 до 0,98. В более глубоких горизонтах этой почвы количество агрономически ценных агрегатов постепенно уменьшается до 48,8%. При этом содержание фракций меньше 0,25 мм с глубиной увеличивается, а глыбистых фракций (> 10 мм) наоборот, несколько снижается.

Таблица 3. Агрегатный состав аллювиальных почв (сухое просеивание),%

Пойменная почва	Глубина, см	Размер фракции, мм					
		>10	10-0,25	<0,25	>10	10-0,25	<0,25
		1981 г.			2002 г.		
Дерновая супесчаная	0-20	25,3	60,4	13,7	26,4	60,2	13,4
	20-35				24,3	59,5	16,2
	35-65	21,5	53,1	25,4	22,7	49,5	27,8
	65-120	-	-	-	21,8	48,9	29,3
	>120	-	-	-	20,7	48,8	30,5
Луговая легко-суглинистая	0-20	28,8	67,2	4,0	29,3	61,4	9,3
	20-29	-	-	-	28,5	60,9	10,6
	29-56	22,4	69,1	8,5	24,7	62,9	12,4
	56-80	-	-	-	27,3	58,8	13,9
	80-100	-	-	-	23,7	61,7	14,6
	100-130	-	-	-	24,6	59,5	15,9
	130-150	-	-	-	29,8	51,7	18,5
Луговая остаточ-но-болотная легко-суглинистая	0-20	37,8	46,2	16,0	39,1	50,6	17,5
	20-38				36,3	44,8	18,9
	38-60	12,6	64,7	22,7	20,8	54,4	24,8
	60-90	-	-	-	25,4	48,7	25,9
	90-116	-	-	-	19,7	56,2	24,1
	116-150	-	-	-	29,5	43,7	26,8

В луговой легкосуглинистой аллювиальной почве агрономически ценные фракции имеют больший удельный вес, чем в дерновой супесчаной почве, но при этом увеличивается содержание глыбистой фракции, что объясняется утяжелением гранулометрического состава почв. В верхнем слое почвы (0-29 см) сумма агрономически ценных агрегатов в 1981 г. составляла 67,2% и коэффициент структурности – 2,05. В 2002 г. эти показатели уменьшились соответственно до 60,9-61,4% и 1,56. В подпахотном слое почвы (29-56 см) содержание фракций размером 10-0,25 мм в 1981 г. составило 69,1%, а в 2002 г. - уменьшилось до 62,9%. За этот период коэффициент структурности в подпахотном горизонте снизился с 2,24 до 1,7. В более глубоких горизонтах (от 56 см до 150 см) почвы при многолетнем возделывании сельскохозяйственных культур содержание агрономически ценных фракций (10-0,25 мм) находилось на уровне 61,7-58,8%. В структуре более глубоких горизонтов (130-150 см) сумма фракций размером 10-0,25 мм уменьшилась до 51,7%, но при этом увеличилась глыбистость (фракции менее 0,25 мм составили 18,5%). Таким образом, структурное состояние аллювиальных луговых почв можно оценить как хорошее, несмотря на многолетнее антропогенное воздействие на эти почвы.

Луговая остаточно-болотная легкосуглинистая почва на глинистом аллювии характеризуется менее благоприятным структурным состоянием. После проведения осушения и интенсивного использования под пропашные культуры сумма агрономически ценных агрегатов в слое почвы 0-38 см составляла 46,2%, а в слое 38-60 см – 64,7% при коэффициентах структурности 0,86 и 1,83 соответственно. Спустя 20 лет (2002 г.) произошло определенное ухудшение агрегатного состава. В слое почвы 0-38 см сумма агрономически ценных агрегатов в среднем составила 47,7% и коэффициент структурности – 0,91, в нижнем горизонте (38-60 см) содержание агрегатов размером 10-0,25 мм достигло 54,4%. Для верхних горизонтов луговой остаточно-болотной почвы характерна высокая глыбистость, а для нижних – большое содержание мелких фракций (< 0,25 мм). В целом в метровом слое луговой остаточно-болотной почвы сумма агрономически ценных агрегатов варьировала в пределах 44,8-54,4%, и по показателям оструктуренности эти почвы были менее благоприятными.

Отсутствие распыления пахотных горизонтов осушенных пойменных почв в сухом состоянии весьма благоприятно, однако значительные количества крупных агрегатов свидетельствуют о склонности этих почв к глыбистости. Помимо агрегатного состава очень важной характеристикой является водопрочность агрегатов. Результаты фракционирования почв в воде по методу Савинова в модификации Бакшеева [2] показали (табл.4), что в мелиорированных аллювиальных почвах все крупные агрегаты не водопрочны и разрушаются.

После интенсивного многолетнего возделывания пропашных культур в овощных севооборотах произошло некоторое ухудшение водопрочной структуры пойменных почв. В последние 5-10 лет изучаемые почвы используются, как и естественные сенокосы, которые играют большую роль в создании водопрочной структуры. Создание водопрочных агрегатов объясняется тем, что почвенные растворы почв поймы р. Москвы в условиях сложившейся гидрохимиче-

ской обстановки обогащены двухвалентным железом, которое в анаэробной среде равномерно распределено в почвенной толще и равномерно пропитывает агрегаты [5].

Таблица 4. Агрегатный состав пойм (мокрое просеивание),%

Пойменные почвы	Глубина, см	Размер фракции, мм			
		<0,25	>0,25	<0,25	>0,25
		1981 г.		2002 г.	
Дерновая супесчаная	0-20	54,7	45,3	56,5	43,5
	20-35			57,7	42,3
	35-65	70,8	29,2	73,6	26,4
	65-120	-	-	62,8	37,2
	>120	-	-	60,4	39,6
Луговая легко-суглинистая	0-20	36,8	63,2	43,6	56,4
	20-29			43,2	56,8
	29-56	35,8	64,2	42,8	57,2
	56-80	-	-	45,5	54,5
	80-100	-	-	51,7	48,3
	100-130	-	-	53,3	46,7
	130-150	-	-	54,4	45,6
Луговая остаточ-но-болотная лег-косуглинистая	0-20	71,7	28,3	73,8	26,2
	20-38			74,2	25,8
	38-60	75,4	24,6	75,9	24,1
	60-90	-	-	73,5	26,5
	90-116	-	-	71,8	28,2
	116-150	-	-	73,6	26,4

На мелиоративных пойменных почвах после 20-ти летнего их интенсивного использования под кормовые культуры отмечается определенная распыленность, вызванная систематической обработкой верхних почвенных слоев. Так, в дерновых супесчаных почвах содержание наиболее ценных агрегатов (> 0,25 мм) после размывания в горизонте 0-35 см составило 45,3%, а глубже залегающем, не подвергшимся обработке горизонте (35-65 см), выход агрегатов более 0,25 мм достигал 29,2%. По нашим данным (2002 г.), после многолетнего интенсивного использования дерновых супесчаных почв содержание ценных водопрочных фракций более (0,25 мм) в горизонте 0-35 см практически оставалось на прежнем уровне (в среднем 42,9%). Это, по-видимому, обусловлено восстановлением структуры пахотных горизонтов в результате использования почв под естественные сенокосы. В подпахотном горизонте (35-65 см) за период с 1981 по 2002 г. водопрочная структура несколько ухудшилась. Содержание фракций агрегатов крупнее 0,25 мм уменьшилось в этом горизонте с 29,2% до 26,4%, что объясняется в первую очередь несоблюдением научно обоснованных севооборотов и высокой антропогенной нагрузкой при возделывании кор-

мовых культур. В более глубоких горизонтах водопрочность ценных агрегатов по данным 2002 г. составила 37,2-39,7%.

В дерновой неоглеенной почве, формирующейся в условиях наиболее глубокого залегания почвенно-грунтовых вод, обнаруживаются наиболее высокие и достаточно однородные значения внутриагрегатной порозности.

В луговой легкосуглинистой почве в первые годы после дренирования почв происходило улучшение агрегатного состава и закономерное увеличение внутриагрегатной порозности. Так, по данным 1981 г. после осушения и интенсивного многолетнего использования почв, содержание ценных водопрочных агрегатов более 0,25 мм в пахотном слое 0-29 см составило 63,2% и в подпахотном горизонте (29-56 см) – 64,2%, т.е. практически не изменилось. Однако содержание водопрочных агрегатов (> 0,25 мм) несколько сократилось по всему почвенному профилю. В горизонте 0-29 см их количество в среднем составило 56,6%, а в подпахотном горизонте (29-56 см) – 57,2%. В глубоких горизонтах (до глубины 150 см) содержание этих фракций сохранилось на уровне 45,6-54,5%. Таким образом, в луговой дренированной почве содержание водопрочной агрономически ценной фракции (> 0,25 мм) было значительно больше, чем в дерновой, где агрегаты разрушались под действием орошения.

Наименее низкой водопрочной структурой характеризуется луговая остаточно-болотная легкосуглинистая почва. Меньшее содержание водопрочных агрегатов (> 0,25 мм) по сравнению с другими почвами обусловлено, прежде всего, гидратацией и частой сменой аэробных условий нижних горизонтов. По данным более ранних исследований (Болабко, Муромцев, Стыцина, и др., 1974) после дренирования этих почв и дальнейшего интенсивного использования под пропашные культуры содержание водопрочных агрегатов в горизонте 0-38 см составило 28,3%, а в горизонте 38-60 см – 26,2%. При более длительном многолетнем использовании произошло снижение содержания водопрочных агрегатов до 26% и 24,1% соответственно. В более глубоком горизонте (60-90 см) этой почвы содержание водопрочных агрегатов составляет 26,5%, а в горизонте ниже уровня заложения дренажа, где почва испытывает длительные периоды анаэробнозиса - уменьшилось до 16,4-18,2%. В целом в осушенных луговых остаточно-болотных почвах доминируют агрегаты размером менее 0,25 мм. Их содержание максимально в подпахотных уплотненных слоях, благодаря чему они имеют мелкоглыбистый характер. Поскольку луговые остаточно-болотные почвы распахивались лишь в засушливые годы и подвергались наименьшей антропогенной нагрузке, в них практически все горизонты отличаются относительно невысоким содержанием фракции более 0,25 мм.

Следовательно, из рассматриваемых групп почв, подвергнутых интенсивной техногенной нагрузке, наиболее благоприятной водопрочной структурой обладают осушенная луговая суглинистая и дерновая луговая почвы, а низкой водопрочной структурой – луговая остаточно-болотная почва. Главными причинами разрушения почвенной структуры является отсутствие рациональной агротехники, применение при обработке тяжелых орудий, а также длительность орошения почв.

Литература

- 1.Болабко П.Н., Муромцев Н.А., Стыцина Е.А. Изменение морфологии и физических свойств аллювиальных почв Москворецкой поймы в условиях интенсивного антропогенного воздействия. // Научные основы оптимизации и воспроизводства плодородия аллювиальных почв Нечерноземной зоны. М., 1991. С. 35-44.
- 2.Вадюнина Л.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М.: Высшая школа, 1974. 394 С.
- 3.Зайдельман Ф.Р. Режим и условия мелиорации заболоченных почв. 2-е изд. М.: Колос, 1975. 320 С.
- 4.Стыцина Е.А. Влияние осушительно-оросительной мелиорации и свойства аллювиальных почв Москворецкой поймы. Диссертация на соискание ученой степени канд. наук. М., 1988. 173 С.
- 5.Шишов Л.Л., Муромцев Н.А., Большаков В.А., Орлова Л.П. Исследования режима влаги и химических веществ в агроландшафтах южной тайги. М.: РАСХ. 2001. 230 С.

УДК 631.671:631.43:556.01

ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

Н.И Парфенова, д.т.н.

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

«Одним из главных принципов в вопросах экологии является принцип единства и целостности сотворенного мира» [3]

«В настоящее время все более становится очевидным, что человечество, даже при наличии справедливости и мира погибнет, если не сохранит, точнее, если максимально не восстановит, целостности природы. И не менее очевидным является, что как причиной разрушения природной среды, так и главным фактором ее возможного воскрешения является духовно-нравственное состояние человека. Экологическая проблема поэтому является проблемой прежде всего духовной, а не материальной, и ядром ее является состояние не окружающей среды, но самого человека. Если главной движущей силой разрушения природы является человеческий эгоцентризм, стремление к комфорту, подавление материальными интересами духовных запросов, то без сомнения и восстановление целостности творения возможно лишь на пути восстановления духовной целостности самого человека» [3].

Главная стратегическая цель водохозяйственной и мелиоративной деятельности заключается в обеспечении экологически безопасного природопользования без развития экологически негативных последствий.

Основными принципами обеспечения экологически устойчивого состояния природных систем в условиях развития водного хозяйства являются следующие:

- экологически безопасное регулирование водохозяйственных, мелиоративных и сельскохозяйственных воздействий на природные системы с учетом

закона сохранения количества энергии и веществ и закономерного динамического развития природных процессов;

- учет специфики строения и функционирования природных систем;

- учет экологических критериальных ограничений по основным показателям для разных иерархических уровней природных систем; так, изъятие речного стока не должно более чем на 30% превышать амплитуды 30-40-летних природных ритмов - это предел обратимости сдвигов, как можно судить по бассейну Аральского моря;

- оценка существующей и потенциальной экологической устойчивости агроландшафтов и природных систем в целом, косвенное определение потенциальной экологической устойчивости природных систем по показателю энергии химических связей веществ $Q_{\text{ХТ}}$;

- сохранение потенциальных запасов энергии, заключенных в гумусе почв, особенно черноземов и темнокаштановых почв, имеющих биосферное значение и играющих большую роль в устойчивости биогеохимических и других процессов природных систем;

- создание и поддержание благоприятных режимов почвообразовательных процессов с сохранением и увеличением запасов гумуса, благоприятного гидротермического и связанных с ним энергетического режима почв и энергии взаимосвязи химических веществ;

- максимальное снижение вертикального водообмена на орошаемых землях;

- создание экологически допустимого водного режима зональных типов почв, учитывающего природные условия почвообразования, присущего каждому генетическому типу режим почвообразования, что исключает переход природного автоморфного режима в гидроморфный.

Экологическая устойчивость функционирования природных систем рассматривается как их способность сохранять благоприятную динамику действующих процессов, обеспечивающую экологическую безопасность. В новом стратегическом подходе к решению водохозяйственных задач предусматривается предупреждение возникновения критического состояния окружающей среды и экологических бедствий.

Водохозяйственные и мелиоративные мероприятия оказывают влияние на экологическое состояние природной среды, в т.ч. водные ресурсы, состав, структуру и свойства почв. Изменение водного режима и баланса территории вследствие орошения, осушения, подтопления, ритмических изменений осадков является главным фактором возможных отрицательных явлений.

Водохозяйственное строительство и мелиорация земель являются мощным фактором воздействия на природную среду. Крупные объекты мелиоративного и гидротехнического строительства (водохранилища и др.) вызвали глобальные нарушения в природных балансах гидрогеохимических потоков воды, энергии и веществ, существенно перераспределили поверхностный и подземный сток, изменили гидродинамику потоков верхнего и нижнего гидрогеологических этажей, вовлекли в современный круговорот геологические запасы солей, изменили гидротермический режим - главный фактор формирования

ландшафтно-географических зон, повысили гидроморфизм почв и, следовательно, обусловили развитие их засоления, осолонцевания, разрушение структуры и другие негативные явления. Примером является изменение гидродинамических и гидрохимических условий всей подземной гидросферы верхнего гидрогеологического этажа Волжского бассейна, связанное с воздействием каскада водохранилищ, а также с инфильтрацией оросительных вод и фильтрационными потерями из каналов.

В настоящий период разрабатываются принципиально новые подходы к обоснованию экологической устойчивости мелиорируемых земель, где учитывается целостность природной среды, обусловленная потоками энергии, воды, химических элементов на всех иерархических уровнях биогидрогеохимической системы, объединенных в циклы малого биологического и большого геологического круговоротов. Важным моментом является принцип необходимости сопоставления техногенной нагрузки с возможной ответной реакцией природной среды и учет закономерностей ритмических колебаний потоков энергии и веществ, их допустимых отклонений.

Одной из главных задач обеспечения экологической устойчивости является сохранение и развитие процессов саморегуляции или воспроизводства почвенного плодородия и сохранение почв от деградационных процессов. Мелиоративная деятельность призвана сохранять и повышать плодородие почв. В то же время угроза нарушения стабильности природных экосистем и возникновения опасных последствий стала реальной. К 1989 г. площади земель, затопленных, подтопленных, подверженных просадкам, береговому разрушению в зоне водохранилищ по территории страны в границах СССР, составили около 100 млн. га. Из сельскохозяйственного севооборота выведено около 30% орошаемых черноземов. Восстановление деградированных почв с помощью комплексных мелиораций – насущная задача современности.

Создание и поддержание благоприятного экологического состояния природных систем и среды почвообразования возможно с помощью способов мелиорации и систем земледелия. Экологическая потенциальная устойчивость повышается при положительном балансе гумуса, накоплении органических веществ, их гумификации с преобладанием гуминовых кислот, при формировании почв с хорошей структурой и благоприятными водно-физическими свойствами.

Экологическая безопасность и устойчивость функционирования природных систем предполагает предвидение всех последствий воздействия на природную среду не только на локальном уровне, но и в региональном масштабе. В мелиоративной и водохозяйственной деятельности огромное техногенное воздействие на почвы осуществляется за счет оросительных и подземных вод. Изменение свойств обыкновенных черноземов, снижающее их плодородие, происходит очень быстро - за первые 2...3 года орошения, особенно при глубине залегания грунтовых вод 2,2...2,7 м, а тем более 1,5 ... 2,0 м (Н.И. Герасименко, 2002). Орошение черноземов традиционными способами привело к ряду негативных явлений и к падению не только эффективного, но и потенциального плодородия на многих оросительных системах старого поколения Нижнего Дона, Северного Кавказа и Поволжья (Н.С. Скуратов, 2001).

Современные технические средства дают возможность осуществлять строительство коллекторно-дренажной сети глубиной только 3-3,5 м, что позволяет поддерживать УГВ на глубинах 1,5-2,5 м. Это вызывает формирование лугово-черноземных почв и постепенное ухудшение их свойств, падение плодородия. Применение пропагандируемого в последнее время поверхностного полива ускорит во много раз деградацию черноземов. Перевод высокоплодородных черноземов автоморфного ряда в лугово-черноземные не рационален, так как с ростом гидроморфизма неизбежна их деградация. Инфильтрационные потери на полях и фильтрационные потери из каналов создают главную угрозу ухудшения экологической ситуации в орошаемых регионах страны. Экологически допустимые уровни грунтовых вод при благоприятном типе экологической устойчивости для черноземов автоморфного типа составляют 7...8 м [2].

Нарушение структуры баланса энергии, тепла, влаги, химических и питательных элементов в почвенных, поверхностных и подземных потоках приводит к сдвигам циклических равновесий и создает критические экологические ситуации в речных бассейнах, агроландшафтах. Вода, совместно с поступающей радиацией, является самым мощным фактором функционирования природных систем и жизни планеты и играет уникальную роль в циклических перемещениях веществ в большом геологическом и в малом биологическом круговоротах. Все физические свойства воды являются аномальными из-за структурного строения особого вида молекулярного химического взаимодействия в виде водородных связей.

Экологическая оценка функционирования природных систем производится по ведущим показателям. На глобальном уровне - по показателю гидро-термического режима, энергии почвообразования, величине водообмена между почвами и подземными водами, определяющей связь биологического круговорота с геологическим. На региональном уровне (бассейновом) - по элементам водного баланса; особое значение приобретает объем стока воды и химических элементов и его отклонения от природных ритмов (табл. 1, 2). Типы потенциальной экологической устойчивости природных систем приведены в таблице 3. На локальном уровне показателями экологического состояния почв являются: изменение показателей водно-физических и физико-химических свойств почв, характеризующее структурное состояние почв, плотность, степень вымыва питательных веществ и гумуса, кальциевый режим, воздухоемкость, степень увлажнения, осолонцевание, засоление, а также показатели качества оросительной воды. Типы экологической устойчивости природных систем по некоторым из этих показателей приведены в таблице 1.

По химическому составу подземных и поверхностных вод для многих регионов рассчитан суммарный показатель энергии химической связи. Значения этого суммарного показателя $\Sigma Q_{\text{ХТ}}$ (% мг-экв/л) нарастают от гидрокарбонатного типа вод к сульфатному и далее к хлоридному. Нарастание данного показателя в почвах и грунтовых водах под влиянием хозяйственной деятельности связано с увеличением содержания солей и является признаком развития негативной экологической обстановки. Категории экологического состояния природных систем по показателю энергии химических связей веществ $Q_{\text{ХТ}}$ косвенно характеризуют их потенциальную экологическую устойчивость (табл. 4).

Таблица 1. Типы экологической устойчивости природных систем при мелиоративном и водохозяйственном воздействии

Типы экологической устойчивости	Глобальный уровень			Региональный уровень		Локальный уровень			
	Гидротермический режим R'	Энергия почвообразования Q _п , Ккал/см ²	Энергия связи химических веществ Q _{хг}	Отношение нисходящего потока и перетекания с подземным стоком и дренажом $\frac{q \pm p}{Q + D}$	Отношение площади мелиорированных земель к площади сельхозугодий /2/	Плотность сложения, г/см ²	УГВ, м	Степень засоления, С, %	Степень осолонцевания Na ⁺ в ППК, %
Благоприятный КЭУ = 0,9-1,0	0,9-1,1	12-15	1,1-1,3	1-1,5	0,3-0,4	1,1-1,18	7-8	0,1-0,3	Менее 3
Допустимый КЭУ = 0,7-1,3	0,7-1,3	10-12	1,3-1,5	1,5-2,5	0,4-0,6	1,18-1,25	4-7	0,1-0,5	3-5
Предельно допустимый КЭУ = 0,5-1,9	0,5-1,9	7-10	1,5-2,5	2,5-5	0,6-0,9	1,25-1,5	1-4	0,5-0,8	5-20
Катастрофический КЭУ менее 0,5	0,2-0,5 1,9-4,0	Менее 7	2,5-2,8	Более 5	0,9-1	Более 1,5	Менее 1	Более 0,8, менее 0,07	Более 20

Таблица 2. Классификация по экологической устойчивости – КЭУ природных систем при мелиоративной и водохозяйственной деятельности [4]

Типы экологической устойчивости	Коэффициент экологической устойчивости КЭУ	Глобальный уровень. По взаимосвязи геологического и биологического круговоротов	Региональный уровень. По изменению структуры водных и солевых балансов	Локальный уровень. По развитию деградиционных процессов почв
Благоприятный	0,9-1,0	Отклонения до 10% от амплитуд 30-40-летних природных ритмов	Сдвиги в структурах водно-солевых балансов до 10% от амплитуд 30-40-летних природных ритмов	Почвообразовательные процессы близки к естественным, процессы деградации на площади менее 5%
Допустимый	0,8-0,9	Отклонения до 10-20% от амплитуд 30-40-летних природных ритмов	Сдвиги в структурах водно-солевых балансов до 10-20% от амплитуд 30-40-летних природных ритмов	Процессы деградации почв на площади до 10%
Предельно допустимый (обратимый)	0,5-0,8	Отклонения до 20-50% от амплитуд 30-40-летних природных ритмов	Сдвиги в структурах водно-солевых балансов до 20-50% от амплитуд 30-40-летних природных ритмов	Процессы деградации почв на 10-50% площади мелиорированных земель
Катастрофический (необратимый)	0,5-0,0	Отклонения свыше 50% от амплитуд 30-40-летних природных ритмов	Полное разбалансирование – сдвиги в структурах водно-солевых балансов более 50% от амплитуд 30-40-летних природных ритмов	Процессы деградации почв на площади более 50%

Таблица 3. Типы потенциальной экологической устойчивости природных систем в условиях мелиоративной и водохозяйственной деятельности

Типы потенциальной экологической устойчивости	Интенсивность естественной дренированности, мм/год	Мощность зоны аэрации, м	Степень засоления и осолонцевания почв	Минерализация грунтовых вод, г/л
1. Благоприятный	Интенсивно дренированные, $\underline{Q}=500-700$	> 30	Незасоленные, неосолонцованные	< 3
2. Допустимый	Дренированные, $\underline{Q}=300-500$	10-20	Слабая	3-5
3. Предельно допустимый	Слабо и весьма слабо дренированные $\underline{Q}=50-150$	5-10	Средняя	5-10
4. Критический	Бессточные $\underline{Q}< 50$	< 5	Сильная и очень сильная	> 10

Таблица 4. Категории экологического состояния функционирования природных систем по показателю энергии химических связей веществ $Q_{\text{хт}}$

Виды веществ	Категории экологического состояния по энергии химической связи		
	Благоприятное	Относительно благоприятное	Неблагоприятное
1. Почвы:			
а) гуминовые кислоты	0,44	0,46	0,49
б) фульвокислоты	0,52	0,54	0,58
2. Грунтовые воды:			
$Q_{\text{хт}}$ ведущего состава воднорастворимых солей	1,11	1,51	>2,5
3. Подземные и поверхностные воды:			
$\Sigma Q_{\text{хт}}\%$ мг-экв/л	270	370	>450
4. Растения по суммарному показателю $Q_{\text{хт}}$ химических элементов зольных веществ: $\Sigma Q_{\text{хт}}\%$	3-4	5-9	>20

Огромное биосферное значение имеют потенциальные запасы энергии, заключенные в гумусе почв, особенно черноземов и темнокаштановых, играющих большую роль в устойчивости биогеохимических и других процессов. Наибольшие запасы потенциальной энергии заключены в почвах (в гумусе), но и поверхностные и подземные воды являются также огромными аккумуляторами энергии. Относительную оценку этой энергии можно проводить по показателю энергии связи веществ и соединений $Q_{\text{хт}}$. Расчетами $Q_{\text{хт}}$ установлена разная энергия распада горных пород при химическом выветривании. С помощью данного показателя оценивается энергия, необходимая для повышения эффективного плодородия пахотных почв, зависящего от протонного гидролиза минералов. Живые растения представляют собой постоянный источник ионов H^+ - протонов, которые выполняют роль инструмента по добыче элементов минерального питания (В.И. Тюльпанов, В.С. Цховребов, 2001). Корневое питание растений, таким образом, не пассивное, а активное, и оно играет для растений большую роль. В старых почвах, где уменьшается этот процесс, гаснет плодородие.

Следовательно, для обеспечения экологически устойчивого функционирования природных систем необходимо проводить регулирование мелиоративных режимов посредством системы соответствующих мероприятий и с учетом экологически допустимых ограничений по всем основным показателям экологического состояния природных систем глобального, регионального и локального уровней.

Литература

1. Кирейчева Л.В. Экологические принципы создания дренажных систем на орошаемых землях. Автореф. Дис. ... д.т.н. М.: ВНИИГиМ, 1993.
2. Методические указания по классификации и диагностике подтопленных земель // Государ. Комитет РФ по земельным ресурсам и землеустройству. М.: 1996, 59 с.
3. Осипов А.Н. Путь разума в поисках истины. М.: Срет. Мон., 2003. 384с.
4. Парфенова Н.И., Решеткина Н.М. Экологические принципы регулирования гидрогеохимического режима орошаемых земель. С-Пб.: Гидрометеиздат, 1995. 359 с.
5. Парфенова Н.И. Новый способ энергетической оценки химических соединений // Доклады РАСХН, 1999, № 4. С. 45-47.
6. Печенина В.С., Стрельбицкая Е.Б. Рекомендации по применению почвозащитных мероприятий на осушительных системах и прилегающих территориях. М.: РАСХН, ВНИИГиМ, 1998. 48 с.
7. Экологические требования к орошению почв России. РАСХН, МГУП, почв. ин-т им. В.В. Докучаева. М.: 1996, 72 с.

УДК 631.67

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИРОДООХРАННОГО РЕЖИМА УВЛАЖНЕНИЯ

П.И. Пыленок, к.т.н., И.В.Сидоров, к.т.н.
МФ ГНУ ВНИИГиМ, Рязань, Россия

Комплексная мелиорация должна быть экономически оправданной, экологически безопасной, обеспечивающей устойчивость агроландшафтов. Один

из основных факторов, влияющих на экологическую устойчивость агроландшафта, - энергетически благоприятный режим почвообразования при оптимальном соотношении ресурсов тепла и влаги, характеризующийся диапазоном значений гидротермического коэффициента $\bar{R} = 0.9 - 1.1$ (Н.И. Парфенова, Н.М. Решеткина, 1995).

В результате расчетов, выполненных нами для условий южной части Нечерноземной зоны (метеостанции Рязань и Павелец) при различных значениях гидротермического коэффициента, характеризующих годовые величины метеорологических показателей, установлено, что для поддержания оптимального гидротермического режима оросительные нормы должны находиться в пределах от $250 \text{ м}^3/\text{га}$ для среднего по обеспеченности осадками года до $1550 \text{ м}^3/\text{га}$ для маловодных лет.

Проектные и эксплуатационные режимы увлажнения должны обеспечивать усиление экологической надежности гидромелиоративных систем гумидной зоны за счет снижения затрат оросительной воды, использования естественных влагозапасов, сохранения и воспроизводства плодородия почв, охраны водных ресурсов от истощения и загрязнения. Разработка ресурсосберегающего, почвоохранного, экономически и экологически эффективного режима увлажнения осушаемых земель как элемента водооборотной гидромелиоративной технологии – актуальная научная и практическая задача.

На основе исследований разработан природоохранный режим увлажнения сельскохозяйственных культур (капусты, моркови, столовой свеклы, огурцов, картофеля, многолетних трав на семена и сено), характерной особенностью которого является учет почвенно-климатических, гидрогеологических условий, биологических особенностей сельскохозяйственных культур, фаз их развития и уровня урожайности.

Экономический и экологический эффект от природоохранного режима увлажнения (по сравнению с базовым – биологически оптимальным) достигается за счет:

- дифференциации мощности увлажняемого слоя почвы в соответствии с ростом корневой системы растений и фазами их развития, предполивных и послеполивных порогов влажности в расчетных слоях почвы, размеров поливных норм;
- расчета влагообмена на нижней границе корнеобитаемого слоя почвы, где он превышает влагообмен между зоной аэрации и грунтовыми водами, что позволяет снизить величину нормы увлажнения;
- уменьшения количества поливов и соответственно нормы увлажнения, сокращения водных, материальных и энергетических затрат путем снижения предполивных порогов влажности почвы на 5...10% (в зависимости от вида культур, их засухоустойчивости, фаз развития растений) по сравнению с рекомендуемыми для гумидной зоны;
- доведения послеполивной влажности в расчетном слое почвы до (0,80...0,95) НВ вместо наименьшей влагоемкости, что создает в почве аккумулялирующую емкость, позволяет более эффективно использовать выпадающие вслед за поливом атмосферные осадки, сохранить почвенное пло-

дорогие, снизить вероятность возникновения и ослабить интенсивность промывного водного режима, вымывания элементов питания растений, загрязнения водоемов и водотоков биогенными веществами.

Природоохранный режим увлажнения в зависимости от вида культур, уровня их урожайности, позволяет снизить нормы увлажнения в средnezасушливый год на 10...37 мм, засушливый 14...45 мм, остроzасушливый 19...61 мм или сократить число поливов на 1-2 по сравнению с биологически оптимальными режимами увлажнения, рекомендуемыми для южной части нечерноземной зоны. При этом наибольший эффект достигается при возрастании урожайности увлажняемых культур и засушливости вегетационного периода. Природоохранный режим увлажнения позволяет также снизить расход оросительной воды на единицу продукции по сравнению с базовыми режимами: капусты среднепоздней на 25...33%, картофеля на 28...32%, корнеплодов (моркови и столовой свеклы) на 31...46%, огурца на 27...38%.

В процессе апробации природоохранного режима увлажнения на водоборотных осушительно-увлажнительных системах с аллювиальными пойменными, торфяно-болотными, дерново-подзолистыми почвами стационаров «Московский», «Пойма», «Тинки-2», «Макеевский мыс», «Вожа» подтверждено снижение норм увлажнения и расходов воды на единицу продукции при безопасной утилизации загрязняющих веществ.

УДК 626.860 : 574

ИНФОРМАТИВНОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОПРИЕМНИКОВ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Е.Б. Стрельбицкая, к.б.н.
ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

В настоящее время оценка качества и состояния водных объектов, а также контроль содержания в них загрязняющих веществ базируется, как правило, на санитарно-гигиенических принципах. Значения предельно-допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ устанавливаются в зависимости от определенного вида водопотребления и водопользования на водном объекте, а не с экологических позиций. Существующая методология аналитического контроля за составом природных вод не отвечает требованиям экосистемных принципов оценки их качества и сохранности водных экосистем по следующим причинам [1, 2]:

- охватывает только незначительную часть реально присутствующих в воде показателей загрязнения;
- не выявляет эффектов синергизма и антагонизма химических соединений, присутствующих в природных водах и поступающих в них с водосборов;

- не учитывает степень комплексного воздействия загрязняющих веществ на состояние водной экосистемы в целом и условия обитания и функционирования отдельных ее звеньев.

Такой же принцип оценки содержания и контроля загрязняющих веществ существует и в мелиорации. Расчеты концентраций компонентов сбросных вод выполняют, как правило, для осушаемого объекта и примыкающей к нему территории в пределах площади водосбора устьевого створа магистрального канала на основе «Руководства ...» [3]. При оценке влияния мелиоративной деятельности и сельскохозяйственного использования осушаемых почв на химический состав дренажных и поверхностных вод, а также при решении вопроса о возможности их сброса в водоприемники используют соответствующие значения ПДК различных загрязняющих веществ. В воде водоприемников приведенная концентрация загрязняющих веществ не должна превышать единицы, даже если в сбросной воде концентрация отдельных элементов может быть выше ПДК, то есть должно выполняться условие: $\sum C_i / \sum \text{ПДК}_i < 1$; где C_i – концентрация вещества i в водном объекте; ПДК_i – предельно допустимая концентрация этого вещества.

Однако, если принцип аддитивности действия загрязняющих веществ, принадлежащих к одной группе лимитирующего показателя вредности (ЛПВ), может в какой-то степени применяться для оценки суммарного действия веществ с органолептическим ЛПВ, то для веществ с санитарно-токсикологическим и общесанитарным ЛПВ часто наблюдается явление синергизма. Вышеприведенная формула, учитывая суммарное физиологическое действие веществ на гидробионтов, пригодна только для участков первичного разбавления вод, от точки поступления загрязнения до контрольного створа [4]. В остальной части водного объекта следует учитывать интегральное действие веществ и продуктов их трансформации на биологический круговорот веществ и на составляющие его биоценозы и популяции конкретных гидробионтов.

Попадая в водные объекты, загрязняющие вещества не только разбавляются в воде, но также концентрируются за счет их сорбции на взвешенных в воде частицах, в донных осадках и в гидробионтах. При трансформации различных элементов в водной среде могут образовываться и более опасные соединения, чем исходные загрязняющие вещества. Поэтому обычное представление о том, что ограничение концентраций загрязняющих веществ до уровня ПДК достаточно для чистоты вод и сохранности водных экосистем, не обеспечивает надежной охраны вод от загрязнения [4]. Кроме того, оценка качества и токсичности водной среды, а также состояния экосистемы в целом непосредственно по гидрохимическим параметрам на основе действующей системы ПДК очень приближительная и не дает истинной картины происходящих там процессов [5, 6].

При воздействии загрязняющих, в том числе биогенных, веществ на водную среду в расчет необходимо принимать не только прямые, но и возможные косвенные последствия их присутствия в данной концентрации для всей экосистемы. Содержание элемента в водном объекте (даже в пределах ПДК) сказывается на функционировании системы и на жизнеспособности организмов со-

вершенно по-разному в зависимости от присутствия других веществ, усиливающих или ослабляющих его действие при постоянно меняющихся условиях на водосборе и протекающих внутриводоемных процессах. Результат взаимодействия ряда физико-химических и гидрологических факторов водной среды, а также различных процессов, связанных с преобразованием и химико-биологической трансформацией веществ естественного и антропогенного происхождения, проявляется в ответном реагировании гидробионтов, которое может по времени оказаться как быстропроявляющимся, так и отдаленным.

При оценке качества и состояния водной среды до настоящего времени существует традиционно пониженное внимание к биологической и токсикологической составляющим. Поскольку гидробионты оказывают сильное влияние на свойства воды в результате функционирования и круговорота веществ в них, биологический анализ имеет решающее значение во всех вопросах, затрагивающих не только качество воды, но и состояние экосистем водных объектов в целом. В основе методов биологической оценки лежит познание закономерностей антропогенной изменчивости водных экосистем, определение устойчивости к механизмам адаптации, выявление порога необратимых изменений в водных организмах или качественно новых состояний их сообществ. Методически это реализуется посредством выявления связей между интегральными показателями качества вод, отражающими дозу воздействия комплекса загрязняющих веществ, и информативными биологическими критериями, отражающими как кратковременные, так и пролонгированные эффекты на различных уровнях организации экосистем. Особенно важны для этих целей исследования состояния фитопланктонного сообщества, а также использование методов биотестирования, как показателей оперативной интегральной диагностики.

Мелиорация переувлажненных земель в гумидной зоне России и их дальнейшее сельскохозяйственное использование являются одной из причин изменения экологического состояния водных объектов, в том числе процессов их эвтрофирования. Сбросные воды с осушаемых агроландшафтов способствуют изменению трофических условий в водоприемниках мелиоративных систем вследствие поступления избыточного количества биогенных элементов и растворенного органического вещества. Это приводит к перестройке, а часто и к необратимым нарушениям структуры водных сообществ и условий их функционирования.

Проведенный нами комплекс гидрохимических и биологических исследований водных экосистем каналов осушительно-увлажнительной системы и р. Яхромы (Дмитровский район Московской области) для оценки воздействия сбросных вод с осушаемых агроландшафтов на экологическое состояние и процессы эвтрофирования водоприемника показал большую информативность биологических методов.

Анализ и оценку результатов гидрохимических исследований проводили на основании сопоставления данных наблюдений с допустимыми концентрациями определяемых элементов, в качестве которых были использованы: а) ПДК для водоемов, имеющих рыбохозяйственное значение, с экологически более жесткими требованиями к качеству воды по сравнению с другими видами

водопользования; б) допустимое содержание для водоемов мезотрофного уровня как наиболее оптимального для функционирования водных экосистем по нормативам качества вод и показателям комплексных экологических классификаций качества поверхностных вод суши [2], характеризующим разряд 2б «вода вполне чистая».

Исследования приоритетных показателей гидрохимического режима р. Яхромы для оценки ее экологического состояния и направленности процесса эвтрофирования, статистическая обработка полученных данных и сопоставление результатов с вышеперечисленными допустимыми концентрациями определяемых элементов позволили установить ухудшение кислородного режима, существенное увеличение содержания органического вещества и аммонийного азота на участке реки от начала поймы («условно чистый» створ) до створа ниже сбросов с осушительной системы.

Однако характеристика состояния водных экосистем с помощью химико-аналитических методов сопряжена с принципиальными трудностями и ограничениями, связанными как с отсутствием единых критериев оценки и расхождением в допустимых концентрациях для ряда элементов, определяемых нормативными документами и классификациями, так и с невозможностью аналитического определения характера действия веществ на водные организмы и экосистему в целом, что достигается только биологическими методами.

Результаты биотестирования на микроводорослях (альгологически чистая культура протококковой водоросли *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb.) в соответствии с РД 118-02-90 и Р 52.24-94 [7, 8], основанные на оценке комплексного воздействия загрязняющих и эвтрофирующих веществ (как фактора среды) на интенсивность размножения водоросли, показателем которого рассматривался коэффициент прироста численности ее клеток, позволили интегрально оценить состояние исследуемых водных экосистем. Статистически достоверные отличия коэффициентов прироста численности клеток тест-объекта для опытных серий воды из створов наблюдений от контрольной серии убедительно показали присутствие в воде осушительной системы веществ, стимулирующих рост водорослей (табл.1). Эффект стимулирующего действия проявился как в весенней, так и в летней серии экспериментов, причем в большей степени в первой, когда критерии достоверности различий (t) имели более высокие значения.

Для воды р. Яхромы эксперимент по биотестированию также показал наличие веществ, стимулирующих рост водорослей, что потенциально опасно в экологическом плане, так как приводит к интенсификации процессов эвтрофирования. Для речных вод ниже сбросов с осушительной системы стимулирующий эффект установлен по сравнению с контрольной серией и со створом реки в начале поймы в весенней серии опытов, что подтвердило влияние на усиление стимулирующего воздействия на водоросли именно стоков с осушаемых агроландшафтов.

Экологическая значимость фитопланктона в водных экосистемах определяет его ведущую роль в индикации изменений в результате перестройки экосистем в процессе эвтрофирования, поскольку показатели его продуктивности

Таблица 1. Результаты биотестирования исследуемых вод

Место отбора проб воды (серия опыта)	Время от начала опыта, сутки	Критерий достоверности t^*	Оценка токсичности воды
<i>а) весенняя серия экспериментов</i>			
Осушительный канал (опыт 1)	2	$t_{1,K} = 3,46$	Содержатся загрязняющие вещества, стимулирующие рост водорослей
	5	$t_{1,K} = 4,72$	
	7	$t_{1,K} = 3,62$	
Водосброс с осушительной системы (опыт 2)	2	$t_{2,K} = 5,24$	Содержатся загрязняющие вещества, стимулирующие рост водорослей
	5	$t_{2,K} = 3,33$	
	7	$t_{2,K} = 3,89$	
р. Яхрома, начало поймы (опыт 3)	2	$t_{3,K} = 1,53$	Не оказывает токсического действия
	5	$t_{3,K} = 3,59$	Содержатся загрязняющие вещества, стимулирующие рост водорослей
	7	$t_{3,K} = 0,64$	
р. Яхрома, ниже сбросов с осушительной системы (опыт 4)	2	$t_{4,K} = 3,81$	Содержатся загрязняющие вещества, стимулирующие рост водорослей по сравнению с контролем и фоновым створом (опыт 3)
		$t_{4,3} = 0,53$	
	5	$t_{4,K} = 3,67$	
		$t_{4,3} = 0,60$	
	7	$t_{4,K} = 7,90$	
		$t_{4,3} = 2,93$	
<i>б) летняя серия экспериментов</i>			
Осушительный канал (опыт 1)	2	$t_{1,K} = 2,30$	Содержатся загрязняющие вещества, стимулирующие рост водорослей
	5	$t_{1,K} = 2,36$	
	7	$t_{1,K} = 1,84$	
Аванкамера магистрального канала (опыт 2)	2	$t_{2,K} = 2,02$	Содержатся загрязняющие вещества, стимулирующие рост водорослей
	5	$t_{2,K} = 2,60$	
	7	$t_{2,K} = 0,55$	
р. Яхрома, начало поймы (опыт 3)	2	$t_{3,K} = 1,74$	Не оказывает токсического действия
	5	$t_{3,K} = 2,18$	
	7	$t_{3,K} = 0,36$	
р. Яхрома, ниже сбросов с осушительной системы (опыт 4)	2	$t_{4,K} = 2,03$	Содержатся загрязняющие вещества, стимулирующие рост водорослей по сравнению с контролем
		$t_{4,3} = 0,32$	
	5	$t_{4,K} = 2,31$	
		$t_{4,3} = 0,17$	
	7	$t_{4,K} = 1,10$	
		$t_{4,3} = 0,64$	

*/ Критерий достоверности различий коэффициентов прироста численности водорослей; выделенные значения превышают стандартное значение критерия Стьюдента (t_{st}), равное 2,23 для уровня значимости $P = 0,05$ и степеней свободы $k = 10$ для всех серий опытов

являются одновременно показателями трофического статуса водоемов. Состояние водных экосистем и тенденции их изменения можно понять только при анализе замещения видов в фитопланктонном сообществе в ходе олиготрофно-эвтрофной сукцессии. Являясь основным первичным продуцентом автохтонного органического вещества в трофической цепи, сообщество планктонных водорослей первым откликается на изменение концентрации биогенных элементов перестройкой видового состава и показателей количественного развития отдельных систематических групп. Поэтому фитопланктонное сообщество можно рассматривать в качестве индикаторного и интегрального показателя, отражающего реальное состояние водных экосистем, позволяющего выявить изменения структуры и оценить уровень эвтрофии [9].

На основании характера качественного и количественного распределения фитопланктонного сообщества в водах осушительной системы и в р. Яхроме по ее продольному профилю был выявлен ряд закономерностей, отразивших специфику изменения трофических условий в водоприемнике под воздействием сбросных вод с осушаемого агроландшафта. Степень количественного развития и структурные особенности фитопланктонного сообщества в каналах осушительной сети определялись главным образом следующими условиями: высокое содержание биогенных и органических веществ, сильное прогревание воды в вегетационный период (в ряде случаев до + 25-28⁰С), не всегда оптимальный режим работы осушительной системы, во влажные годы не обеспечивающий нужной нормы осушения и приводящий к условиям подпора коллекторов. Эти условия обусловили доминирующее развитие эвгленовых (*Euglenophyta*) водорослей, которые составили более 70% в общей биомассе фитопланктона в осушительном канале и получили практически монодоминантное развитие в аванкамере магистрального канала (табл. 2). По величине общей биомассы фитопланктона (В), служащей количественным показателем продуктивности и трофического статуса водоемов, осушительный канал соответствует уровню среднеэвтрофного (В = 5,28 мг/л), а аванкамера – высокоэвтрофного (В = 13,37 мг/л) водного объекта. Совокупность оценок видового состава доминирующего комплекса и других отделов фитопланктонного сообщества, а также продуктивности водных экосистем показали интенсивное развитие процессов антропогенного эвтрофирования и органического загрязнения вод осушительной системы.

Для структуры фитопланктонного сообщества водоприемника р. Яхромы установлена радикальная пространственная перестройка по продольному профилю реки видового состава фитопланктона, изменение значимости отдельных видов в составе доминирующего комплекса и других систематических групп в общей биомассе фитопланктона. Результаты исследований показали выход на доминантные позиции синезеленых водорослей (*Cyanophyta*): долевое участие этого отдела фитопланктона в общей биомассе увеличилось с 1,4% в начале поймы до 23,3% на участке реки ниже сбросов с осушительной системы. Масовое развитие на участке реки ниже сбросов с осушительной системы такого рода синезеленых водорослей как *Oscillatoria* (В = 0,54 мг/л), присутствие которого не обнаружено в начале поймы, указывает на нарастание содержания в воде легкоусвояемого органического вещества и сдвиге соотношений аммонийного и нитратного азота в сторону первого.

Таблица 2. Структура фитопланктонного сообщества исследуемых вод

Место отбора проб	Отделы фитопланктона		Биомасса		Основные роды фитопланктона
			мг/л	% от общей	
Осушительный	эвгленовые		3,76	71,2	<i>Euglena, Trachelomonas, Phacus</i>
	диатомовые		0,54	10,3	<i>Fragillaria, Cyclotella, Navicula</i>
	синезеленые		0,006	0,1	<i>Anabaena, Dactylococcopsis</i>
	зеленые	протококковые	0,002	0,033	<i>Scenedesmus</i>
		вольвоксовые	0,61	11,6	<i>Pandorina, Chlamidomonas, Phacotus</i>
		десмидиевые	0,36	6,8	<i>Closterium</i>
Итого		5,28			
Аванкамера стрального	эвгленовые		13,12	98,1	<i>Trachelomonas, Euglena, Phacus</i>
	диатомовые		0,19	1,4	<i>Cyclotella, Navicula</i>
	синезеленые		0,063	0,5	<i>Anabaena, Coelosphaerium</i>
	зеленые протоккокковые		0,00055	0,004	<i>Didymocystis, Scenedesmus</i>
	Итого		13,37		
Рядовая	диатомовые		2,5	91,5	<i>Cyclotella, Navicula</i>
	эвгленовые		0,16	5,7	<i>Euglena</i>
	синезеленые		0,04	1,4	<i>Anabaena</i>
	зеленые протоккокковые		0,04	1,4	<i>Scenedesmus, Pediastrum</i>
	Итого		2,73		
Рядовая ниже Яхромы тельной	диатомовые		1,42	60,7	<i>Cyclotella, Navicula</i>
	эвгленовые		0,06	2,5	<i>Trachelomonas, Euglena, Phacus</i>
	синезеленые		0,55	23,3	<i>Oscillatoria, Anabaena, Coelosphaerium</i>
	сброженные	протококковые	0,00042	0,02	<i>Scenedesmus, Oocystis</i>
		десмидиевые	0,32	13,5	<i>Closterium</i>
	Итого		2,35		

Наряду с этим произошло снижение долевого представительства диатомовых водорослей (*Bacillariophyta*) с 91,5% до 60,7%. Доминирующее положение в диатомовом комплексе принадлежало видам *Cyclotella* (таксоны β - и α -мезосапробных условий). Кроме того, на отрезке реки от начала поймы до створа ниже сбросов с осушительной системы было выявлено увеличение видового разнообразия систематических отделов фитопланктона за счет усиления роли видов, представляющих собой типичный состав массовых форм естественно-эвтрофных водоемов, что явилось следствием их конкурентоспособности при перестройке сообщества в период антропогенного эвтрофирования. Отмечено изменение видового состава отдела зеленых водорослей и увеличение их долевого участия в общей биомассе по всему фитопланктонному сообществу с 1,4% в начале поймы до 13,5% на участке ниже сбросов с осушительной системы. Кроме протококковых водорослей по биомассе существенную долю составили десмидиевые, из которых особое распространение получил род *Closterium*, характеризующий α -мезосапробные условия среды.

Хотя по величине общей биомассы фитопланктона трофический статус водоприемника р. Яхромы можно охарактеризовать как слабоэвтрофный ($B = 2,35$ мг/л), радикальная структурно-пространственная перестройка фитопланктонного сообщества по продольному профилю реки указывает на значительную степень антропогенного эвтрофирования водотока. Несмотря на отсутствие изменений в продуктивности экологической системы на этом участке реки, сдвиг в соотношении между видами из-за изменения трофических условий свидетельствует об ухудшении экологической ситуации в водоприемнике под воздействием сбросных вод с осушаемых и интенсивно используемых в сельскохозяйственном производстве земель.

Таким образом, биологические методы обеспечили интегральную оценку реального экологического состояния исследуемых водных экосистем. Результаты биотестирования на микроводорослях показали, что воды осушительной системы, оказывая стимулирующее действие на водоросли, потенциально опасны в экологическом плане, так как приводят к интенсификации процессов антропогенного эвтрофирования водоприемника р. Яхромы. Изменение видового состава доминирующего комплекса и других систематических отделов фитопланктонного сообщества, а также радикальная пространственная перестройка его структуры по продольному профилю реки, характеризующая ухудшение экологического состояния водоприемника и интенсификацию процесса его антропогенного эвтрофирования, отразили направленное реагирование водных организмов на изменение среды их обитания вследствие поступления сбросных вод с осушаемых агроландшафтов.

Литература

1. Жмур Н.С. Государственный и производственный контроль токсичности вод методами биотестирования в России. – М., Международный дом сотрудничества, 1997.
2. Экологические проблемы Верхней Волги: Коллективная монография. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2001.

3. ВТР-П-30-81. Руководство по определению расчетных концентраций минеральных, органических веществ и пестицидов в дренажном и поверхностном стоке с мелиорируемых земель. – М., 1982.
4. Приемы биоиндикации и биотестирования при текущем надзоре за загрязненностью водных объектов и выявлении превышения ассимилирующей способности. Методические указания / ГосНИОРХ. – С-Пб., 1992.
5. Израэль Ю.А., Абакумов В.А. Об экологическом состоянии поверхностных вод СССР и критериях экологического нормирования / Экологические модификации и критерии экологического нормирования. – Л.: Гидрометеиздат, 1991.
6. Актуальные проблемы водохранилищ: Тезисы докл. Всероссийской конференции. Россия, п. Борок, 29.10-3.11.02. – Ярославль, 2002.
7. РД 118-02-90. Методическое руководство по биотестированию воды.– М.: Госкомприрода, 1991.
8. Р 52.24-94. Рекомендации. Методы токсикологической оценки загрязнения пресноводных экосистем. Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. – М., 1994.
9. Михеева Т.М. Структура и функционирование фитопланктона при эвтрофировании вод: Автореф. дис. на соискание уч. степени д-ра биол. наук в форме науч. доклада. – Минск, 1992.

УДК: 002.637:627.15

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЙМЕННЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ ОКИ

В.М. Яшин, к.т.н.

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

П.И. Пыленок, к.т.н.

МФ ГНУ ВНИИГиМ, Рязань, Россия

Пойменные ландшафты играют поистине неопределимую роль в формировании средообразующих, ресурсовоспроизводящих и эстетических функций ландшафтов речных долин. Они характеризуются наиболее динамичным развитием, обусловленным как естественными (весенние половодья, летне-осенние паводки и др.), так и антропогенными (сельское хозяйство, добыча строительных материалов, рекреация и др.) факторами. Речные поймы как, природные объекты, очень уязвимы. Занимая пониженные части рельефа, они находятся в сфере влияния хозяйственной деятельности человека непосредственно на пойме, а также в пределах водосборного бассейна в целом.

Загрязнение почв на водораздельных пространствах происходит за счет атмосферных осадков, переноса веществ с воздушными потоками и диффузии загрязнителей из местных источников (минеральные и органические удобрения, агрохимикаты, оросительная вода, продукты сгорания топлива и др.). В дополнение к этим источникам в пойменные ландшафты загрязнители поступают с паводковыми водами и седиментами, со склоновым стоком и при разгрузке грунтовых вод в виде родников и рассосредоточенной разгрузки в зоне тылового шва пойменной террасы.

Главную роль в формировании современных ландшафтных процессов в поймах играют паводки, когда формируется единый водный поток по руслу и

пойме. Результатами взаимодействия реки и поймы в эти периоды могут быть: улучшение экологического состояния реки, вследствие очистки русла от загрязненных донных отложений и (или) одновременное ухудшение качества пойменных почв и грунтовых вод за счет осаждения загрязненных паводковых седиментов, а также поступления загрязненных паводковых вод в грунтовые.

Необходимость исследований процессов загрязнения компонентов природной среды, в том числе и тяжелыми металлами (ТМ), определяется еще и тем, что они концентрируются в биотических компонентах, употребляемых в пищу животными и человеком. Геохимики [1] утверждают, что для XX века характерна «металлизация биосферы, выравнивание значений местных кларков и начало исчезновения природных геохимических различий регионов». Эти процессы, вероятно, будут развиваться и прогрессировать в ближайшем будущем.

Исследования формирования загрязненности пойменных агроландшафтов проводились в рамках Российско-Германского научно-технического сотрудничества по проектам «Ока-Эльба» и «Волга-Рейн». С германской стороны партнером был исследовательский центр «UFZ LEIPZIG HALLE». Работы выполнялись на согласованной методической основе, предложенной германскими исследователями [2].

Натурные исследования влияния паводков на пойменные агроландшафты проведены в пойме реки Оки, в среднем ее течении, в районе г.Рязани. Река Ока является вторым по величине притоком крупнейшей реки Европы – Волги. Длина Оки составляет 1500 км, площадь водосбора – 245000 км², а среднегодовой расход – 1280 м³/с. В бассейне реки Оки проживает около 21 млн. человек.

Современный рельеф территории сформирован в результате аккумуляции ледников четвертичного периода и послеледниковыми процессами денудации. Большая часть среднего течения Оки располагается в пределах Мещерской низменности, представляющей собой поверхность, сложенную флювиогляциальными и аллювиальными отложениями. Ока имеет хорошо развитую долину с широкой поймой, достигающей 15-20 км в поперечнике. Расширения поймы (самые большие в среднем течении «Дединовское» и «Спасское»), как правило, приурочены к распространению лессовидных и моренных отложений. На участках, сложенных известняками пойма развита слабо (район г. Касимова).

Вода в Оке характеризуется восточно-европейским гидрокарбонатным типом гидрохимического режима. В верхней части бассейна формирование гидрохимического режима происходит под влиянием девонских и каменноугольных отложений, представленных преимущественно известняками и доломитами.

Весенний подъем уровня воды связан с началом интенсивного снеготаяния. Средняя продолжительность затопления поймы паводковыми водами составляет 30 дней. Максимальные уровни воды около г.Рязани приходятся на следующие сроки: ранние – 10-20 марта, средние – 30 марта-5 апреля, поздние – 10-19 апреля.

Исследования загрязненности пойменных агроландшафтов проведены на двух створах. Первый створ расположен у поселка Солотча и проходит через пойму Оки от ее русла до малой реки Солотча, которая протекает у левого коренного берега поймы и является притоком Оки. Длина створа составляет 5,6

км. Он пересекает естественные пастбища, культурные сенокосы, естественные сенокосы, приустьевой кустарник и мелколесье.

Второй створ расположен в 13 км к югу от первого и пересекает пойму чуть выше г.Рязани. Своей большей частью он проходит через пахотные земли, а также естественные сенокосы и естественные пастбища.

Методика исследований включала комплексное изучение – рельефа, строения и качества пойменных почв, мониторинг качества речных, паводковых, грунтовых и почвенных вод, а также объема и качества паводковых седиментов.

Отбор паводковых вод осуществлялся 1-2 раза в неделю. Одновременно *in situ* с помощью многоканального прибора СВ 570 (фирмы WTW) выполняли измерения величины рН, электропроводности, окислительно-восстановительного потенциала и температуры. По методике, принятой в Германии, отбор паводковых седиментов осуществляли с помощью пластиковых матов, имитирующих травяной покров, и имеющих площадь 30 x 40 см². Для отбора почвенной влаги использовали комплекты тензиометров NVF-120 (изготовлены в Германии), устанавливаемых на глубинах 0,30; 0,60 и 0,90 м. Определение содержания тяжелых металлов в речных и паводковых водах выполнено рентгено-флуоресцентным методом («АНАЛИТИНВЕСТ» г. Москва), в почве и седиментах – атомно-абсорбционным методом в лаборатории UFZ «LEIPZIG HALLE» (г. Магдебург), в почвенной влаге и дренажном стоке в Энглер Бунте институте университета Карлсруэ.

Основная особенность миграции и аккумуляции ТМ в пойменных агроландшафтах заключается в том, что в периоды затопления пойм (паводков) включаются мощные дополнительные механизмы перераспределения веществ в системе «водосбор – река – пойма».

Выполнены исследования загрязненности тяжелыми металлами следующих компонентов пойменных агроландшафтов: пойменных почв; почвенной влаги; речных, грунтовых и дренажных вод; паводковых вод и отложений. В компонентах гидросферы определены комплексные показатели загрязнения органическими веществами. Полученные результаты показывают, что все перечисленные компоненты агроландшафтов характеризуются загрязненностью тяжелыми металлами в различных концентрациях, в компонентах гидросферы обнаруживаются биогенные и органические загрязнители.

Пойменные почвы являются основным аккумулятором ТМ при миграции их в пределах ландшафтов речных долин. Формирование пойменных почв напрямую связано с паводковыми процессами. В приустьевой части поймы преобладают дерновые почвы супесчаного и легкосуглинистого состава, в центральной – луговые средне- и тяжелосуглинистые и тяжелые дерново-глеевые почвы, в притеррасной распространены дерново-глеевые почвы тяжелого гранулометрического состава, встречаются торфяники.

Аллювиальные почвы отличаются неравномерным распределением концентраций ТМ по глубине почвенного профиля. В условиях естественных лугов (рис.1) первый максимум приурочен к гумусовому горизонту. Ниже до глубины 50-60 см происходит снижение концентраций на 10-50%, а в более глубоких горизонтах наблюдается постепенное увеличение концентрации до величин, превышающих содержание в гумусовом горизонте. На мелиорированных пахотных

почвах вследствие активного водообмена из верхних горизонтов почвы произошел вынос ТМ и аккумуляция их на глубине 40-60 см (рис. 1), что, по-видимому, обусловлено формированием техногенно уплотненного горизонта. Максимальные концентрации (мг/кг), составляют: Fe –39900, Mn –213, Zn –113, Cr –89, Ni –43, Cu –17, Hg –0,146. Максимальные концентрации ртути во всех разрезах приурочены к гумусовому горизонту, что указывает на ее слабую подвижность.

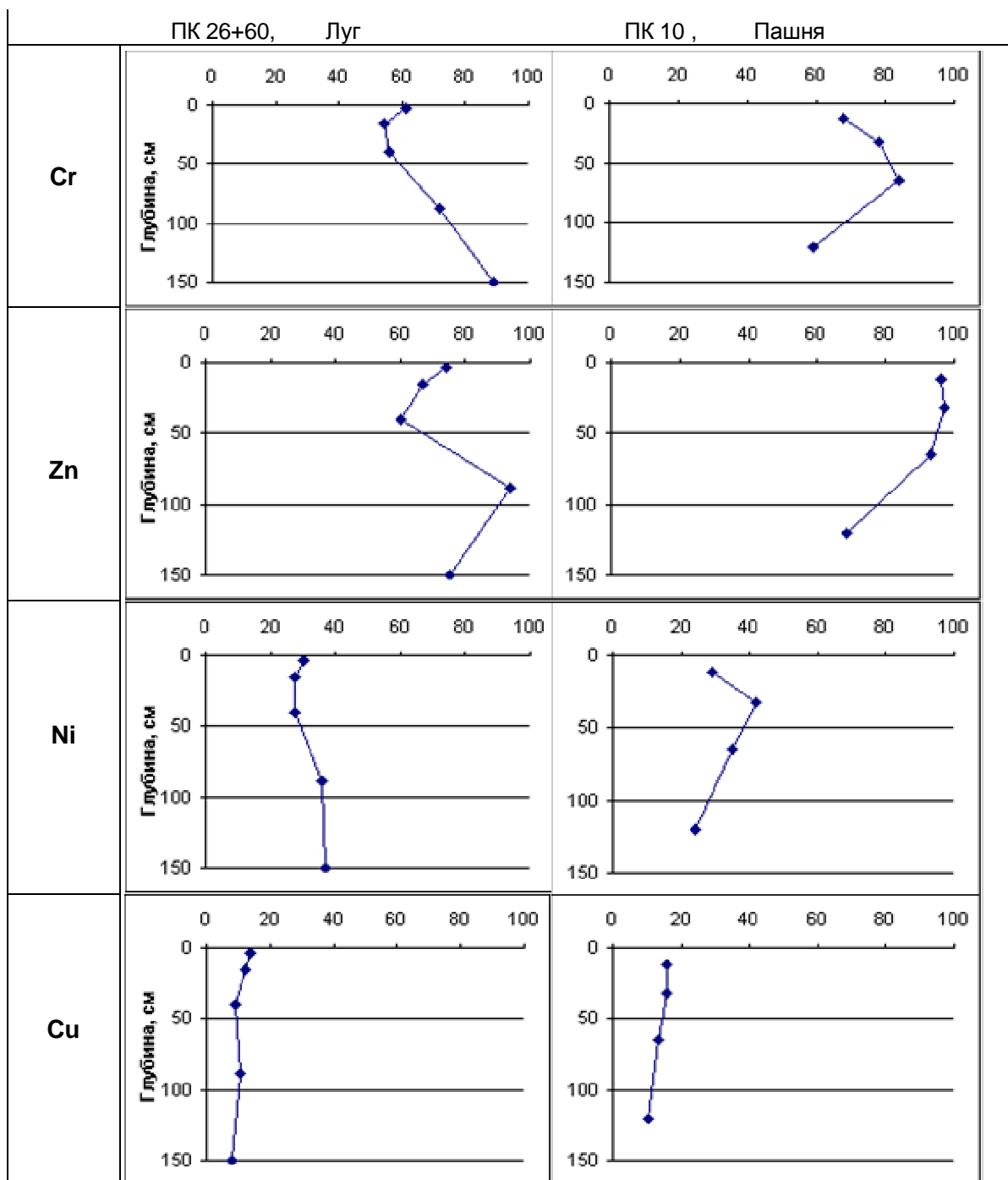


Рис. 1. Распределение тяжелых металлов (мг/кг) по профилю пойменных почв

Дополнительным источником поступления ТМ на пойменные земли являются паводковые отложения (также используются термины «седименты», «наилки», «наносы» и др.) Выполненные ранее исследования в пойме р. Оки [3] показали, что седиментная нагрузка на пойменные агроландшафты составляет в среднем $0,873 \text{ кг/м}^2$. При этом основной акцент был сделан на оценку агрохимических свойств паводковых наилок. Менее изученным является загрязняющая роль паводков. По данному вопросу следует отметить исследования, выполненные в районе г. Пущино. Здесь мощность паводковых отложений составила $0,8 - 4,8 \text{ кг/м}^2$, а загрязненность показана в таблице 2 [4].

Период наших исследований в районе г.Рязани (1997 – 2003гг.) охватил широкий диапазон амплитуд весенних паводков от аномально низких 1997 и 2002 гг., которые прошли в границах русла, до средневысокого 1999 г. (643 см), превысившего норму на 93 см.

На среднепоемных участках первого створа седиментная нагрузка в средний паводок достигла $0,111 \text{ кг/м}^2$, а на длительнопоемных агроландшафтах второго створа – $0,656 \text{ кг/м}^2$. В средневысокий паводок максимальные седиментные нагрузки возросли соответственно до $0,561 \text{ кг/м}^2$ и $1,29 \text{ кг/м}^2$ (табл. 1).

Таблица 1. Седиментная нагрузка на пойменные агроландшафты р. Оки в районе г. Рязани

Расположение пунктов наблюдений	Седиментная нагрузка в г/м^2 по годам				
	1998	1999	2000	2001	2003
<i>Створ 1</i>					
Луг, 4,0 км от Оки	8	371	26	720	28
Осушенный луг, 2,95 км от Оки	4	501	20	114	-
Старое сухое русло, 0,5 км от Оки	111	356	-	-	-
<i>Створ 2</i>					
Осушаемая пашня, 3,8 км от Оки	617	-	-	303	681
Осушаемая пашня, 2,9 км от Оки	656	1290	790	482	729
Осушенный луг, 2,5 км от Оки	421	-	359	-	-
Пастбище, 1,6 км от Оки	71	-	-	-	-
Луг за дамбой, 4,3 км от Оки	-	48	38	-	28

Паводковые отложения имеют близкую к нейтральной реакцию среды, содержание в них физической глины достигает 70%, калия в 4...12 раз, а фосфора в 2...3 раза больше, чем в подстилающей почве. Общее содержание органики с увеличением седиментной нагрузки снижается от 52 до 12 %, что связано с длительностью затопления и глубиной слоя воды. Осадки загрязнены железом, содержание которого изменяется от 22 до 32 г/кг, превышает ПДК также содержание хрома, никеля, меди, приближается к ПДК количество цинка (рис.2). По содержанию элементов в почвах и паводковых седиментах устанавливается следующий ряд: $\text{Al} > \text{Fe} > \text{K} > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{Na} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cr} > \text{Ni} > \text{Cu} > \text{Hg}$.

Сопоставление концентраций металлов для участков окской поймы в районе г.Пушино [4] и г.Рязани [5] показывает, что для почв и наилок характерны повышенные до 5 –10 раз концентрации железа в районе Рязани, марганца и свинца в 3 –10 раз в районе Пушино, а другие металлы тестируются в соизмеримых величинах (табл. 2).

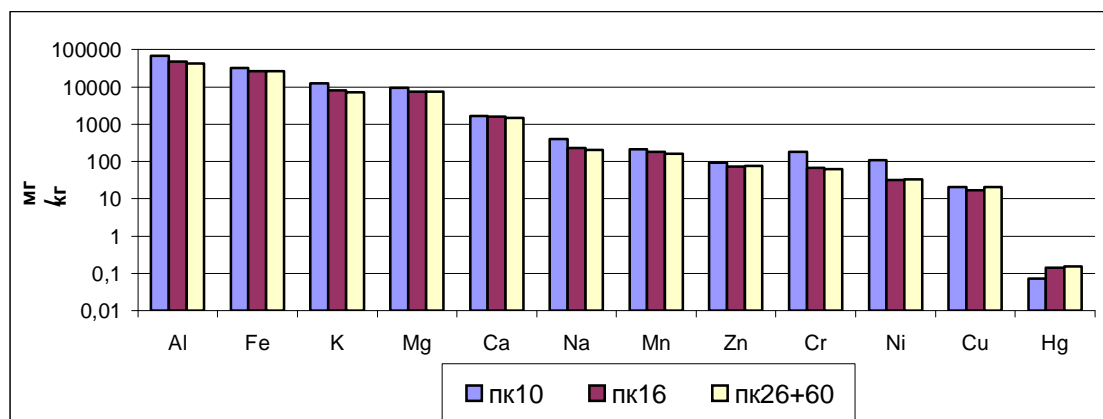


Рис. 2. Диаграмма концентраций металлов в паводковых седиментах

Таблица 2. Содержание металлов в пойменных почвах и паводковых седиментах в районе Пушино [4] и Рязани [5]

Элемент	Почва		Паводковые седименты	
	район г. Пушино	район г. Рязани	район г. Пушино	район г. Рязани
Al	-	43150-49650	-	43150-69000
Fe	1400-3400	25000-31300	3000-5600	26100-32500
Mn	520-780	165-182	800-980	163-210
Zn	75-105	74-96	115-180	74-91
Cu	10	12,5-16,0	20	17-21
Ni	11-15	29,0-30,0	14-20	33-107
Co	7-10	-	7-10	-
Pb	15-24	< 30,0	17-23	< 3,0
Cd	0,15-0,35	< 5,0	0,2-1,0	< 5,0
Hg	-	0,08-0,15	-	0,07-0,15

Установлено, что концентрация металлов в паводковых седиментах на 20 – 25% превышает их содержание в верхнем (0 – 25 см) горизонте почв (рис. 3) и между ними имеется тесная корреляционная связь (коэффициент корреляции =0,986). Это позволяет рассматривать паводковые седименты в качестве основного источника поступления металлов на пойменные земли.

Речные, в том числе паводковые, а также грунтовые и почвенные воды, дренажный сток, осадки характеризуются различной степенью динамичности. Наибольшую динамичность и относительно небольшую продолжительность существования имеют осадки и паводковые воды. Консервативными являются влага в почвах и зоне аэрации и верхняя часть горизонта грунтовых вод, приуроченная к слабопроницаемым отложениям.

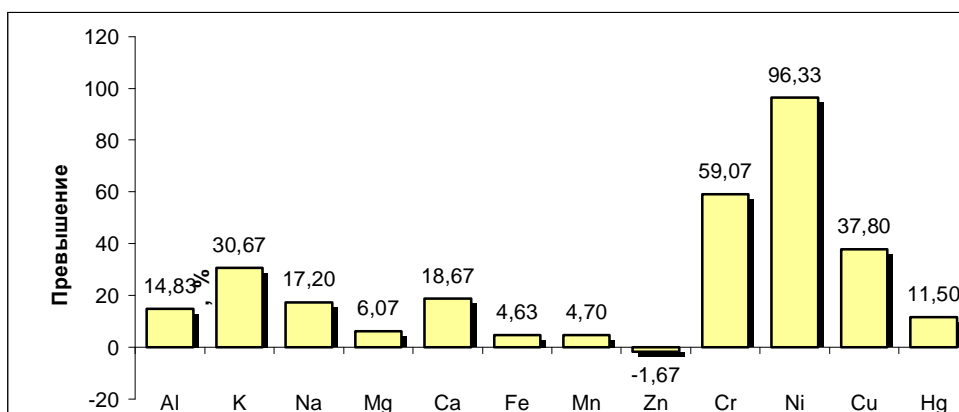


Рис. 3. Диаграмма превышения концентраций металлов в осадках относительно слоя почв 0 –25 см (по средним значениям)

Почвенная влага является «особым экологическим компонентом, находящимся на границе между живым веществом, твердой частью почвы и почвенным воздухом» [5]. Она содержит химические вещества в подвижном состоянии, способном непосредственно участвовать в питании растений и в формировании биогеоценозов. Имеющиеся технические трудности извлечения поровых растворов из не полностью водонасыщенных почв не позволяют получать обширный материал по загрязненности почвенной влаги. В то же время участие почвенной влаги в питании растений обуславливает важность и необходимость ее изучения.

В процессе исследований проанализировано 15 проб почвенной влаги, отобранной с глубины 0,3; 0,6 и 0,9 м. Во всех пробах тестируются тяжелые металлы, которые по величине содержания можно разделить на три группы. К первой, характеризующейся наибольшими значениями, относятся железо, марганец и цинк. Их концентрации измеряются сотнями микрограммов и миллиграммами в литре и изменяются для железа от 135 – 149 до 1070-2190 мкг/л, для марганца – от 3-5 до 495-1630 мкг/л и цинка – от 4-10 до 134-187 мкг/л. Максимальное содержание железа в почвенных водах достигало 2190 мкг/л (на глубине 60 см), марганца 1630 мкг/л (90 см), цинка 134 мкг/л (60 см), меди 28,8 мкг/л (80 см), мышьяка 3,5 мкг/л (30 см). Во вторую группу включены металлы, содержание которых измеряется десятками микрограммов. К ним относятся медь (от 2,4-5,5 до 26-49 мкг/л), алюминий (2,9 – 87 мкг/л) и хром (от 3,0-4,7 до 18,3-22,5 мкг/л). Содержание остальных металлов изменяется от долей до единиц микрограммов в литре: мышьяка – от 0,5- 1,3 до 2,7-3,5; кобальта – 0,5-0,9 до 1,9-3,1 и кадмия – от 0,1 до 2,0-4,0. В 2002 г. обнаружены повышенные концентрации кобальта и свинца.

Грунтовые воды в пойме формируются за счет инфильтрации паводковых вод, атмосферных осадков, оросительных вод, бокового притока грунтовых вод с прилегающих вышерасположенных территорий и расходования на испарение и транспирацию растениями. За счет последних факторов происходит увеличение концентраций растворенных в грунтовых водах веществ от весеннего поло-

вodyя к осеннему дождливому периоду. На это указывает увеличение их электропроводности за летний период с 250 до 650 мкСм/см (рис. 4). Практически во всех пробах обнаружены тяжелые металлы. Наибольшими концентрациями характеризуются железо и марганец. Встречаются цинк, медь, свинец, кобальт, хром и никель. Дренажный сток характеризует верхнюю часть потока грунтовых вод, и также загрязнен биогенами, органическими веществами и тяжелыми металлами (табл. 3).

Таблица 3. Содержание металлов в грунтовых водах, дренажном стоке и осадках на пойме р. Оки в районе Рязани (1997 – 2003гг.)

Компоненты гидросферы	Содержание, мкг/л							
	Al	Fe	Mn	Cu	Zn	Ni	Cr	Co
Грунтовые воды	-	2880-8260	8-134	12-13	23-85	8-14,5	1,0-5,5	6,5-14,0
Дренажный сток	85,2	77,0	24,2	2,7	37,9	23,8	0,6	5,0
Осадки (снег, дождь)	66-71	219-379	10-29	39-42	2,5-45	3-31	20-22	59-63

Паводковые воды включают в себя талые воды на пойме в период снеготаяния и единый поток по руслу и пойме в период ее затопления. Результаты исследований режима паводковых вод по створам «пойма – русло» позволили выделить четыре стадии его формирования. Эти стадии обусловлены в первую очередь развитием гидрологических процессов, которые подробно рассмотрены в работе [6].

Первая стадия формируется в предпаводковый период, для которого характерно наличие руслового стока в реке, развитие снеготаяния на пойме и склонового стока талых вод с вышележащих территорий. В пойме формируются талые воды, которые по своему химическому составу близки к снегу, имеют гидрокарбонатно-кальциевый тип состава, характеризуются низкой электропроводностью (15-235 мкСм/см), слабокислой реакцией (рН 4,9-5,6) и низкой температурой, имеют повышенное содержание аммонийного азота (1-9 мг/л) и фосфора (до 6,8 мг/л). Талые воды загрязнены железом, марганцем и цинком. Русловые воды реки Оки характеризуются величиной рН 6,8-7,5 и электропроводностью около 400 мкСм/см. Воды загрязнены железом, марганцем, медью и цинком, в относительно повышенных количествах присутствуют ионы натрия и хлора.

Во второй стадии происходит выход паводковых вод в пойму, постепенное ее затопление и формирование единого потока паводковых вод по руслу реки и пойме. На этой стадии происходит выравнивание концентраций основных компонентов вод в реке и на пойме (рис. 4).

В третьей стадии наблюдается единый поток воды по пойме и руслу с достаточно однородным химическим составом. В 1998 г. эта стадия проходила в период с 20 апреля по 5 мая. Содержание основных ионов в реке и в пойме было практически одинаковым. За счет высоких скоростей потока паводковых вод происходит интенсивное перемешивание потока. Значение электропроводности воды в р.р. Оке и Солотче и на пойме в этот период выравниваются (рис. 4). Мутность воды изменяется в пределах 4,5-35,0 мг/л; отмечается загрязнение вод биогенными веществами – нитратами, нитритами, аммонийным азотом и фосфатами. Содержание трех последних компонентов превышает ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения. Среди металлов основными загрязнителями паводковых вод поймы являются железо, цинк, марганец, кобальт и медь.

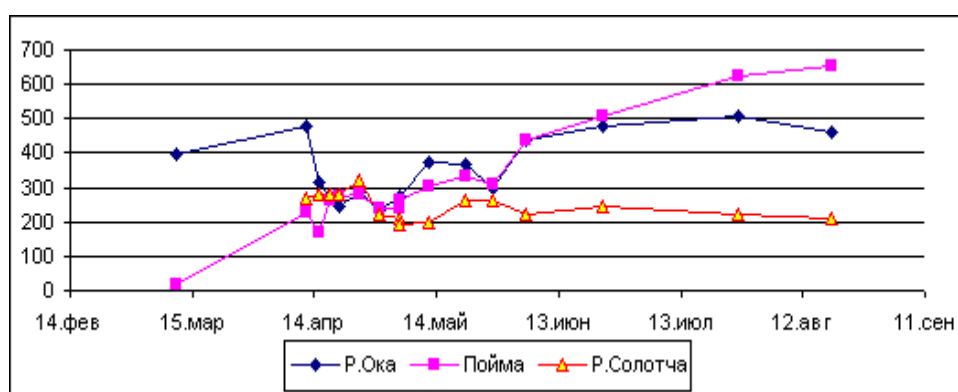


Рис. 4. Графики изменения электропроводности речных, паводковых и грунтовых вод на пойме р. Оки (грунтовые воды с 21.05.98)

В послепаводковый период, постепенно переходящий в длительный межпаводковый, на пойме временно заполнены водой локальные понижения и постоянно – старичные. В это время вода прогревается, увеличивается величина рН и электропроводность в поверхностных водах. Основная территория поймы освобождается от воды и переходит в режим суши, а поверхностные воды, сосредоточенные в локальных понижениях, постепенно переходят в грунтовые. Электропроводность речных вод Оки восстанавливается до величины предпаводкового периода; вод реки Солотчи – остается практически постоянной, характерной для рек с болотным питанием, а грунтовых вод постепенно увеличивается (рис. 4).

Впервые изучена загрязненность гидросферы пойменных агроландшафтов органическими веществами на основе определения комплексных (суммарных) показателей качества – содержания растворенного органического углерода (DOC) и содержания адсорбированных органических галогенов (АОХ). Эти параметры широко используются для характеристики качества речных вод в Европейских странах.

Значения указанных параметров для различных компонентов пойменных агроландшафтов приведены в таблице 4.

Таблица 4. Содержание органических загрязнителей в компонентах гидросферы на пойме р. Оки в районе г. Рязани (паводок 2000г.)

№ п/п	Компонент гидросферы	Дата	Растворенный органический углерод, мг/л	Адсорбируемые органические галогены, мкг/л
1.	Снег 1 створ 2 створ	22.03.00	2 1,2	5,8 54,5
2.	р. Ока: -перед паводком -в паводок -после паводка	22.03.00 5.04.00 12.04.00- 29.04.00 5.05.00- 22.05.00	5,9 3,0 4,3-9,3 9,5 – 5,9	9,7 17,0 26,0-70,1 30,3-61,0
3.	р. Солотча (после паводка)	22.05.00	22,5	52,5
4.	Дренажный сток	5.05.00- 22.05.00	5,4 – 9,0	51,7 – 80,4
5.	Грунтовые воды	22.05.00	3,0 – 15,0	40,5 – 70,4
6.	р. Вожа (после паводка)	12.05.00	29,0	44,3

Приведенные в таблице данные показывают высокий уровень загрязнения исследованных агроландшафтов органическими загрязнителями. В качестве сравнения следует отметить, что для Рейна по DOC нормативный показатель составляет 3,0 мг/л, а по АОХ для всех рек 25 мкг/л [7].

Сопоставление концентраций DOC и АОХ в дренажном стоке подтверждает то, что дренажный сток формируется в послепаводковый период за счет паводковых вод, профильтровавшихся в бывшую зону аэрации пойменных земель. При этом средние (из 7 значений) концентрации DOC и АОХ в паводковом стоке составляют соответственно 7,6 и 0,055 мг/л, а в дренажном 7,4 и 0,053 мг/л.

Выполненные исследования показали, что именно в паводковые периоды происходит загрязнение компонентов пойменных агроландшафтов. При этом основными источниками являются паводковые седименты, а также паводковые воды, заполняющие свободную емкость зоны аэрации затопляемых земель.

Паводковые седименты в зависимости от высоты и продолжительности паводков достигают мощности 1,29 кг/м² и характеризуются повышенным содержанием тяжелых металлов. Компоненты гидросферы (осадки, речные, паводковые, почвенные, дренажные и грунтовые воды) загрязнены тяжелыми металлами, биогенными и органическими веществами в различных концентрациях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеенко В.А. Экологическая химия: учебник. – М.: - Логос, 2000.-627с.
2. Райнин В.Е., Пыленок П.И., Яшин В.М., Фризе К., Рупп Х., Крюгер Ф. Влияние паводков на загрязнение пойм рек Оки и Эльбы// Мелиорация и водное хозяйство, № 5, 1999, с. 42 – 45.
3. Куркин К.А. Природные особенности пойменных земель – Сб. Опыт освоения пойменных земель. Московский рабочий, 1965, с. 3-21.
4. Дмитраков Л.М., Соколов О.А. Изменение пойменных почв при усилении антропогенной нагрузки// Почвоведение, 1997, № 8, с. 988-993.
5. Яшин В.М., Пыленок П.И. Роль паводковых седиментов в загрязнении пойменных почв тяжелыми металлами/ Труды Первой междунар. научн. конф. «Деградация почвенного покрова и проблемы ландшафтного земледелия», Ставрополь, 2001, с. 273-275.
6. Барышников Н.Б. Морфология, гидрология и гидравлика пойм – Л.: Гидрометеиздат, 1984, 280с.
7. Landerarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). 1998. Beurteilung der Wasser – Chemische Gewässergüteklassifikation. Berlin (нем.)

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Кизяев Б.М., Лапидовская И.С.
ДОЛГИЙ ПУТЬ НАУЧНОГО ПОИСКА, СВЕРШЕНИЙ И ПРОГНОЗОВ
(ВНИИГиМу – 80 лет)

3

МЕЛИОРАЦИЯ

Алдошкин А.А., Петренко Л.В.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕНОСНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ УСТАНОВОК
НА СУЩЕСТВУЮЩИХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

16

Бородычев В.В., Лытов М.Н., Пахомов А.А.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ
АГРОЦЕНОЗОМ СОИ В УСЛОВИЯХ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

23

Городничев В.И.
СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОЛИВА
ДОЖДЕВАЛЬНЫМИ МАШИНАМИ ФРОНТАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

31

Григоров М.С.
АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ НА
ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

37

Губер К.В.
ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ НА
ОСНОВЕ РАЙОНИРОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ ПО СПОСОБАМ ОРОШЕНИЯ

42

Губер К.В., Долгушев И.А.
МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ФИЗИЧЕСКОГО И МОРАЛЬНОГО ИЗНОСА
ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

55

Губин В.К.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКИ ПОЛИВА
ПО БОРОЗДАМ

64

Гулюк Г.Г., Томин Ю.А., Лисютин В.А.,
ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ТОРФЯНЫХ ПОЧВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

69

Демкин О.В.
ЗАДАЧИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
В РЕСПУБЛИКЕ КАЛМЫКИЯ

72

Добрачев Ю.П., Мучкаева Г.М.
МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ
К СОЗДАНИЮ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ
ВЫРАЩИВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ ОРОШЕНИИ

78

Канардов В.И.
ТЕНДЕНЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ
МИКРООРОШЕНИЯ

83

Каштанов В. В. СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ И УСТАНОВКИ	89
Кирейчева Л.В. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ В РОССИИ	97
Колесова Н.Г. ТЕХНИКА ВНУТРИПОЧВЕННОГО ОРОШЕНИЯ	103
Конторович И.И. КОМПЛЕКС СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ОПРЕСНЕНИЯ ДРЕНАЖНОГО СТОКА В УСЛОВИЯХ ПЛОСКОГО РЕЛЬЕФА	107
Макарычева Е.А. ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ОРОШЕНИИ	115
Михалева А.Е. ПРИРОДНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	118
Ольгаренко Г.В. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИКИ ПОЛИВА	124
Ольгаренко Г.В., Капустина Т.А., Аванесян И.М. НОРМИРОВАННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТЕПЛО-, ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ И ПАРАМЕТРЫ ОРОШЕНИЯ В СТЕПНЫХ РАЙОНАХ ЮГА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ	129
Печенина В.С. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВНИИГиМ В ОБЛАСТИ ОСУШИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ	136
Печенина В.С. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ	142
Пыленок П.И. ОБОСНОВАНИЕ ВОДООБОРОТНЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	148
Райнин В.Е., Виноградова Г.Н. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ	151
Савушкин С.С., Давшан С.М. ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ВОДОИСТОЧНИКОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДИЗЕЛЬНЫХ ПЕРЕДВИЖНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ	155
Сазанов М.А. ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ ОАЗИСНОГО ТИПА	163
Силков М.В. ТЕХНОЛОГИЯ ОРОШЕНИЯ ЖЕНЫШЕНЯ ПОД ПОКРОВОМ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО	175

Терпигорев А.А. МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ ВОДОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ПОЛИВА ПО БОРОЗДАМ	180
Терпигорев А.А., Грушин А.В., Асцатрян С.А. СИСТЕМА ИМПУЛЬСНО-ЛОКАЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ	185
Храбров М.Ю. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА МИКРООРОШЕНИЯ	192
Шаманаев В.А. СМОЛЕНСКИЙ ФИЛИАЛ ВНИИГ _и М	199
Яшин В.М., Белослудцева В.Г., Дедова Э.Б. ОБОСНОВАНИЕ ВОДНО-СОЛЕВОГО РЕЖИМА БУРЫХ ПОЛУПУСТЫННЫХ ПОЧВ КАЛМЫКИИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДЕЛИ SWAP	202

МЕЛИОРАЦИЯ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Булгаков Д.С. О РАЗВИТИИ ПОЧВЕННО - АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ	207
Добрачев Ю.П., Рудь И.А., Томин Ю.А., Евсенкин К.Н., Нефедов А.В. О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ	213
Евсенкин К.Н., Добрачев Ю.П. ШЛЮЗОВАНИЕ-ОДИН ИЗ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ МИНЕРАЛЬНЫМ АЗОТОМ	222
Иванов Д.А. ИЗУЧЕНИЕ ФАКТОРОВ БИОПРОДУКТИВНОСТИ АГРОЛАНДШАФТОВ ЭКСПЕРТНЫМ МЕТОДОМ	224
Исаева С.Д. ГЕОСИСТЕМНЫЙ ПОДХОД ПРИ ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ К ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМУ И МЕЛИОРАТИВНОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ	230
Карпенко Н.П. УПРАВЛЕНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕМ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ	235
Коломийцев Н.В., Ильина Т.А., Киселева О.Е., Корженевский Б.И. ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ИВАНЬКОВСКОГО И УГЛИЧСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ	242
Лепнова Е.С. К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ	247

Лялин Ю.С. К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ В РОССИИ	252
Муромцев Н.А., Шуравилин А.В., Анисимов К.Б. ВЛИЯНИЕ ВОДНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ФИЗИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ МОСКВОРЕЦКОЙ ПОЙМЫ	261
Парфенова Н.И. ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА	267
Пыленок П.И., Сидоров И.В. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИРОДООХРАННОГО РЕЖИМА УВЛАЖНЕНИЯ	274
Стрельбицкая Е.Б. ИНФОРМАТИВНОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОПРИЕМНИКОВ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ	276
Яшин В.М., Пыленок П.И. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЙМЕННЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ ОКИ	284