

ГЕОГРАФИЯ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 911.2.:550.4

И.А. Авессаломова¹, К.Н. Дьяконов², А.В. Савенко³, Т.И. Харитонова⁴ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОСТМЕЛИОРИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТОВ⁵

На основании результатов многолетних исследований установлены главные направления трансформации гидромелиорированных ландшафтов за 20-летний период деградации осушительной системы. Показаны последствия изменения направленности ландшафтно-геохимических процессов и условий миграции элементов. Зафиксированы временные изменения гидрохимических параметров и снижение минерализации грунтовых и дренажных вод постмелиорированных ландшафтов по сравнению с периодом активного функционирования осушительной системы. Выявлены факторы, влияющие на усиление или ослабление интенсивности водной миграции элементов.

Ключевые слова: осушительная мелиорация, постмелиорированные ландшафты, ландшафтно-геохимические процессы, геохимические барьеры, дренажные воды, геохимические параметры.

Введение. Осушительные системы относятся к категории управляемых геотехнических систем, в функционировании которых ведущую роль играет механизм регулирования водно-воздушного режима, что во многом определяет состояние мелиорированных ландшафтов. При ослаблении или прекращении регулирования меняется тренд их развития, обусловленный трансформацией миграционных процессов. Актуальность выявления этих изменений связана с тем, что в последние 20 лет в России произошло сокращение сельскохозяйственного использования земель, многие мелиоративные системы, в частности в Рязанской Мещере, заброшены и находятся в стадии деградации. Дифференцированная оценка динамики землепользования для крупных регионов европейской территории России в обобщенном виде представлена в работах [7, 8]. Безусловно, эти работы должны быть дополнены крупномасштабными исследованиями на конкретных объектах, позволяющими выявить закономерности и детали трансформации сложившейся ранее пространственно-временной организации мелиорированных ландшафтов и их сферы влияния, которые невозможно обнаружить при мелкомасштабных исследованиях.

Постановка проблемы. Изучение постмелиорированных ландшафтов, возникающих при прекращении использования мелиоративных систем, включает выявление основных факторов, вызывающих перестройку

осушенных ландшафтов. В качестве критериев, отражающих их трансформацию, целесообразно использовать изменение межкомпонентных связей, соотношение между типоморфными ландшафтно-геохимическими процессами и последствия их воздействия на водный сток.

Цель исследования состояла в установлении последствий трансформации гидромелиорированных ландшафтов при прекращении их регулирования на примере Вожской гидромелиоративной системы. Основные задачи сводились к разработке схемы геохимической перестройки постмелиорированных ландшафтов; изучению ландшафтно-геохимических процессов, определяющих формирование постмелиорированных ландшафтов; сопоставлению геохимических параметров в период активного функционирования и при деградации осушительной системы.

Материалы и методы исследований. Объект исследований — Вожская гидромелиоративная система (Рязанская Мещера, бассейн р. Пра). Она расположена в пределах долинно-зандровой равнины, представляющей область озерно-аллювиальной аккумуляции московского, ранне- и поздневалдайского времени [6], и приурочена к днищу древней ложбины стока. Ландшафтно-геохимическая структура района Вожской системы определяется господством полесского рода ландшафтов, четкой выраженностью геохимических

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии и ландшафтоведения, доцент, канд. геогр. н.; *e-mail:* aiageo@yandex.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии и ландшафтоведения, заведующий кафедрой, докт. геогр. н., чл.-корр. РАН; *e-mail:* diakonov.geofak@mail.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра геохимии, ст. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* alla_savenko@rambler.ru

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии и ландшафтоведения, ст. преп.; *e-mail:* kharito@m9com.ru

⁵ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 11-05-00954 и 11-05-93105). В полевых работах приняли участие А.А. Прозоров, Е.В. Богатырева и Е.С. Славин.

сопряжений и контрастностью их свойств. Мощность органогенных горизонтов осушенных территорий (сверху перегнойного, частично минерализованного, ниже торфяного в разной степени разложения) варьирует от 25 до 150 см. Начало заболачивания в нижней части системы, датированное по ^{14}C , составляет 7800 лет.

Прилегающая к гидромелиоративной системе территория представляет собой пологую равнину (уклон $0,0025-0,005^\circ$), сложенную частично перевеянными водно-ледниковыми песками московского возраста мощностью 1—7 м, под которыми находятся озерные илы, опесчаненные и тяжелые алеволитовые суглинки. Глубина почвенных и грунтовых вод колеблется от 0,8 до 2,8 м. В естественных условиях для монолитных лесо-болотных катен характерны прямые водные связи между пермацидными автономными ландшафтами и низинными болотами, а также формирование в краевых зонах последних кольцеобразных барьеров, что определяет контрастность латеральной дифференциации химических элементов в почвах [1].

Вожская самотечная система создана в 1966 г. Водоприемником ее дренажных вод выступало канализованное русло р. Вожа, впадающей в оз. Великое (бассейн р. Пра). Полезная площадь осушения составила 621 га. В 1986 г. система подверглась реконструкции, которая включала выравнивание полей, перепахивание органогенных горизонтов с пескованием и внесением органических и минеральных удобрений, известкование, посев луговых трав, прочистку и спрямление дренажных коллекторов, восстановление первичной сети закрытого дренажа и постройку водонасосной станции для откачки воды из магистрального канала в водоприемник и последующего расходования на полив. После изменения социально-экономических условий природопользования в начале 1990-х гг. мелиоративная система была заброшена.

Геохимическая перестройка супераквальных ландшафтов под влиянием осушения заключалась в интенсификации биологического круговорота при снижении степени гидроморфности, изменении окислительно-восстановительной обстановки и формировании площадного кислородного барьера, фиксируемого по обилию роренштейнов, увеличению содержания доступных форм биогенных элементов в почвах и грунтовых водах и открытости каскадных ландшафтно-геохимических систем, потере вещества с однонаправленным дренажным стоком и изъятии органического вещества с урожаем [4, 11]. Осадка и сработка торфяной залежи к 1991 г. составила в среднем 65—70 см. Влияние осушительных систем на уровень грунтовых вод прилегающих территорий в Мещерской низменности не превысило 1,5 км для долинно-зандровых и озерно-зандровых низменных равнин, что в целом ниже, чем в полесских ландшафтах [12, 13].

Для фиксации изменений, произошедших за последние 20 лет, в качестве исходных значений использованы геохимические параметры гидромелиориро-

ванных ландшафтов в период активного функционирования Вожской системы. Для характеристики современного состояния системы на опорных профилях в разных ее частях осуществляли наблюдения за кислотно-основными и окислительно-восстановительными условиями в почвах, а также проводили их опробование для определения содержания биогенных элементов. Исследования перераспределения влаги по звеньям катен выполняли с 2008 по 2011 г. Для этого на всех точках профиля отбирали образцы почвы объемом 60 мл с глубины 15, 30, 60 и 90 см, по которым рассчитывали влагозапас в метровом слое почвы. Определение активной кислотности торфов проводили потенциометрическим методом в водной суспензии при отношении твердой и жидкой фаз 1:2,5. Параллельно измеряли окислительно-восстановительный потенциал (Eh). Определение содержания азота, углерода и серы в почвах выполняли по методу элементного анализа Дюма на анализаторе “Elementar Vario” EL III.

С учетом системообразующей роли водных потоков в число информативных показателей вошли гидрохимические характеристики постмелиорированных ландшафтов. При выявлении особенностей водной миграции химических элементов использованы данные гидрохимического опробования, проведенного в июле 2009 г. при сухой погоде. Работы включали отбор проб воды из шурфов, заложенных в пределах мелиоративной системы и ее краевых частей, из дренажных канав, водотоков, принимающих дренажный сток (р. Вожа), а также из фоновых водотоков и болот на территориях, не подвергавшихся осушению. Сразу после отбора пробы отфильтровывали через плотные бумажные фильтры и часть фильтрата консервировали добавлением хлороформа для анализа биогенных элементов. Содержание Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} и SO_4^{2-} определяли методом капиллярного электрофореза; концентрацию Cl^- и величину общей щелочности, подавляющую часть которой составляют гидрокарбонаты, — объемными меркуриметрическим и ацидиметрическими методами; Si и $\text{P}_{\text{мин}}$ — колориметрическими методами с применением молибдата аммония с солью Мора и с аскорбиновой кислотой соответственно.

Результаты исследований и их обсуждение. Основные факторы и тенденции преобразования постмелиорированных ландшафтов. Прекращение регулирования осушительных систем приводит к трансформации гидромелиорированных ландшафтов в результате совместного действия комплекса факторов, определяющих особенности их функционирования (рис. 1). В основе геохимической перестройки лежит изменение условий стока, вызывающее снижение активности водообмена и открытости геосистем, повышение уровня грунтовых вод и увеличение гидроморфности супераквальных ландшафтов. Дополнительный риск усиления последней связан с бобровыми плотинами на дренажных канавах в краевой части Вожской системы.



Рис. 1. Трансформация гидромелиорированных ландшафтов после прекращения регулирования осушительных систем

Другим фактором служит видоизменение биологического круговорота при отсутствии посева сельскохозяйственных культур. Вместо аграрного типа наблюдаются сукцессионные смены фитоценозов и формирование лугово-кустарниковых, луговых и болотных элементарных ландшафтов. Их разнообразие зависит от сочетания форм рельефа, различающихся по глубине залегания грунтовых вод, что отражает его дифференцирующую роль. Сопряжение супераквальных ландшафтов с разными степенью гидроморфности, типами биологического круговорота и условиями миграции/аккумуляции химических элементов увеличивает внутреннюю неоднородность постмелиорированных ландшафтов и пространственную вариабельность их геохимических параметров.

Ландшафтно-геохимические процессы в супераквальных ландшафтах. К настоящему времени в зависимости от уровня грунтовых вод выделяются разные варианты супераквальных комплексов Н—Fe-класса. Они различаются по особенностям биологического круговорота и влагозапасу в метровом слое почвы. Влагозапас определяется мощностью торфяного горизонта, обладающего более высокой влагоемкостью по сравнению с подстилающими песками. В постме-

лиорированных ландшафтах на наиболее пониженных участках сохраняется торфяной горизонт толщиной >1 м; в краевых частях, отрезанных от основного массива земель дренажными канавами, — 50—60 см; в центральной части, подвергавшейся максимальной эксплуатации, — 0—30 см. Поэтому по влагозапасу в почве различные супераквальные комплексы отличаются высокой контрастностью, причем во влажные годы разница достигает 500 мм/м (табл. 1). Однако при высокой пространственной неоднородности межгодовая изменчивость запасов почвенной влаги не столь значительна и составляет 3—11%.

Природные комплексы зандровых равнин и их склонов, прилегающих к Вожской системе, до сих пор испытывают ее воздействие: в их почвах запасы влаги меньше, чем в естественных условиях, а межгодовая изменчивость крайне высока (29—33%). Это показывает, что система заброшенных каналов и шлюзов, несмотря на подпор вод и заболачивание ландшафтов днища ложбины стока, продолжает влиять на сопряженные с ними лесные природные комплексы, причем неустойчивость запасов влаги в их почвах выше, чем в постмелиорированных ландшафтах.

Таблица 1

Запасы влаги в почвах естественных и постмелиорированных ландшафтов Вожской системы

Ландшафтные комплексы	Средний влагозапас, мм/м			Межгодовая изменчивость, %
	влажные годы, 2008—2009	сухие годы, 2010—2011	2008—2011	
Естественные ландшафты				
Лесные, верхние части склонов	221	196	203	8
То же, нижние части склонов	500	401	433	13
Низинные болота	834	731	767	11
Постмелиорированные ландшафты Вожской системы				
Лесные, верхние части склонов	89	66	70	29
То же, нижние части склонов	254—455	196—387	222—418	13—33
Влажные луга	324—813	330—736	319—760	7—11
Низинные болота	424	412	417	3

В зоне открытого дренажа произошло зарастание заброшенных угодий, появилась поросль ивы и березы, чередующаяся с участками разнотравно-злаково-щучковых лугов, под которыми в старопашотных торфяно-глеевых почвах сформировался хорошо выраженный дерновый горизонт. В начальных стадиях сукцессионных смен в почвах преобладает слабокислая среда (рН 6,0—6,1). Оторфованные органогенные горизонты, сохраняющие непрочную мелкокомковатую структуру, характеризуются максимальным содержанием углерода (25—49%) и азота (1,7—2,9%) для почв постмелиорированных ландшафтов Вожской системы. Очевидно, в этих комплексах пока еще частично сохраняются условия для преобразования органического вещества, сформировавшиеся в период проведения осушительных мероприятий.

Минерализация торфа в аэробных условиях представляла собой саморазвивающийся процесс с положительной обратной связью. В результате разложения органики происходило обогащение почвы азотом и уменьшение кислотности почвенных растворов, что создавало благоприятные условия для редуцентов, увеличивающих скорость минерализации. Вместе с тем соотношение С/Н, используемое как индикатор минерализации торфа [10, 14, 15], достаточно высокое (15—19), что свидетельствует о незначительной обогащенности азотом органогенных горизонтов этих почв. При глубине залегания грунтовых вод 85—90 см оглеение проявляется с 40—45 см и охватывает нижнюю минеральную часть профиля. В зоне контакта окислительной и восстановительной сред встречаются лишь незначительные рыхлые скопления гидроксидов железа. Это свидетельствует об усилении глеегенеза и ослаблении роли площадного кислородного барьера, который четко фиксировался в период функционирования Вожской системы по обилию роренштейнов.

Повышение уровня грунтовых вод в большей степени сказывается в западинообразных понижениях, где в условиях повышенной гидроморфности появились осоковые болота, которых не было при функционировании осушительной системы. При небольшой мощности торфа влагозапас в почвах здесь ниже и меньше изменяется по годам, чем в фоновых низинных болотах с большей мощностью торфа. В этих понижениях содержание азота в торфах меньше (0,5—1,1%), причем при устойчивом сохранении восстановительной обстановки и денитрификации возможно исчезновение его нитратных форм.

Одно из следствий ухудшения кислородного режима постмелиорированных ландшафтов — пространственное изменение интенсивности разложения органического вещества, для оценки которой было использовано соотношение Н/С в органогенных горизонтах почв (рис. 2). Содержание водорода в них в целом невелико и варьирует от 0,11 до 5,49%. Его соотношение с углеродом минимально в гумусовых горизонтах подзолистых почв автономных ландшафтов (0,09) и возрастает в супераквальных комплексах, особенно в торфянисто-глеевых почвах заболоченных понижений (до 0,16). Это связано, очевидно, с тем, что в последних при пониженной биохимической активности уменьшение скорости минерализации органических соединений сопровождается замедлением разложения лабильных алифатических цепей и более длительным сохранением фульвокислот [9, 10].

Своеобразная ситуация складывается в краевых частях ложбины стока на контакте лугово-болотных комплексов с супераквальными лесными, попадающими в сферу влияния мелиоративной системы. При незначительном содержании серы в органогенных горизонтах старопашотных почв постмелиорированных ландшафтов (0,16—0,25%) в торфянисто-подзолисто-глеевых почвах ельников папоротниковых оно

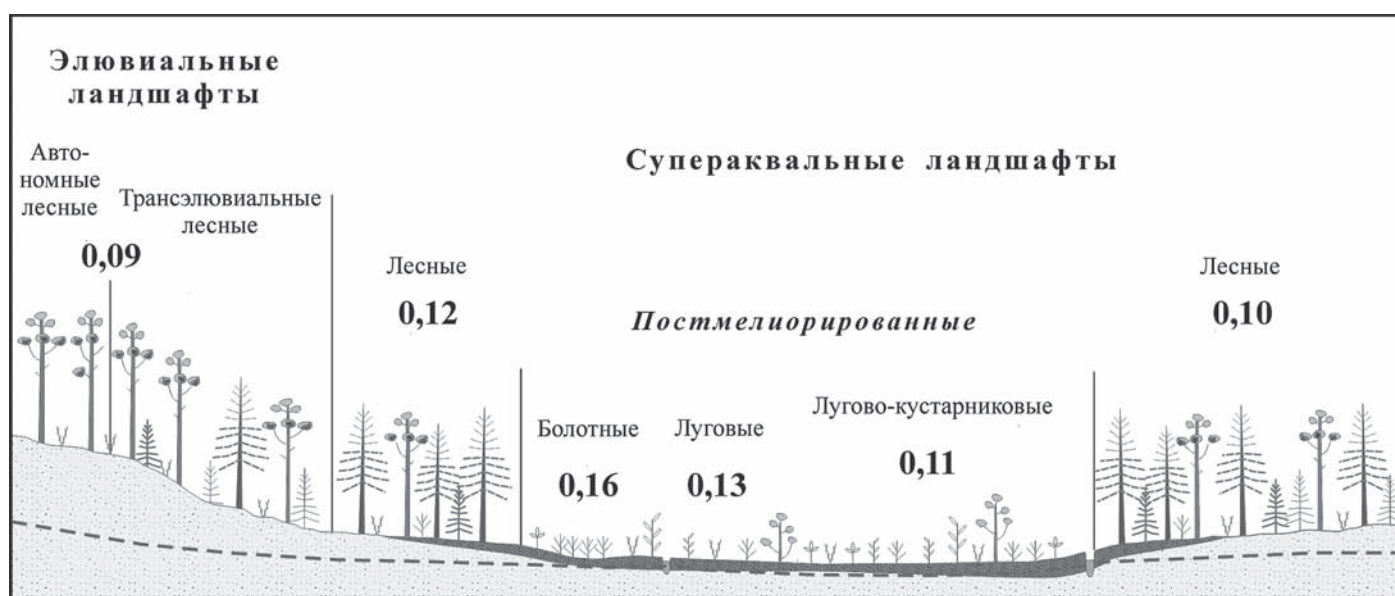


Рис. 2. Изменение соотношения водорода и углерода в органических горизонтах почв постмелиорированных ландшафтов Вожской системы

выше (0,35—0,39%). В гетерономных звеньях катен, куда поступают сульфатно-кальциевые воды автономных ландшафтов, в условиях подпора, особенно в местах бобровых плотин, формируются локальные зоны замедленного водообмена. Очевидно, в анаэробной среде при наличии в почвах органического вещества и невысоком уровне окислительно-восстановительного потенциала (E_h 100—150 мВ) происходит частичное выделение H_2S . В условиях устойчивого оглеения возможность образования H_2S обеспечивается жизнедеятельностью гетеротрофных анаэробных микроорганизмов при неполном разложении органического вещества [3, 5]. Появление в нижних горизонтах торфянисто-подзолисто-глеевых почв иссиня-черных полос и запах сероводорода свидетельствуют о возможности возникновения сероводородного барьера.

В соответствии с представлениями о типоморфных комплексах ландшафтно-геохимических процессов [3] можно констатировать, что деградация осушительных систем сопровождается изменением их соотношения в супераквальных постмелиорированных ландшафтах по сравнению с периодом функционирования Вожской системы. Это связано с увеличением разнообразия вариантов автотрофного биогенеза, а также с изменением интенсивности детритогенеза и окислительно-восстановительной обстановки, что отражается на условиях миграции химических элементов и создает предпосылки для перестройки геохимических барьеров.

Тенденции изменения гидрохимических параметров при деградации осушительных систем. Проявляющаяся тенденция к заболачиванию существенно влияет на состав грунтовых и дренажных вод, причем тренд изменения противоположен наблюдавшемуся при осушении.

Зафиксировано снижение минерализации (M) грунтовых (75,2—194 мг/л) и дренажных (65,0—72,3 мг/л) вод по сравнению с водами гидромелиорированных ландшафтов Вожской системы (103—296 и 152—258 мг/л соответственно). Это может быть обусловлено как сработкой торфа, так и снижением интенсивности биологического круговорота в связи с замедлением разложения органического вещества.

Для характеристики направленности и степени изменения ионного состава грунтовых вод использованы коэффициенты временной изменчивости содержания ионов ($K_{вр}$), при расчете которых в качестве эталона были выбраны воды фоновых низинных болот (табл. 2). При деградации гидромелиоративной системы выделяются две противоположные тенденции. Во-первых, это снижение минерализации, содержания гидрокарбонатов, кальция, магния и калия, особенно в заболоченных западинах; для этой группы показателей наибольшая контрастность ($K_{вр} = 7,0 \div 7,4$) свойственна грунтовым водам трансформирующихся гидромелиорированных ландшафтов, при деградации которых различия по сравнению с низинными болотами сглаживаются ($K_{вр}$ снижается до 1,7—1,9); во-вторых, увеличение содержания хлора и фосфора, причины которого различны: для хлора это может быть обусловлено снижением открытости ландшафтно-геохимических систем, тогда как для фосфора важное значение имеет, видимо, смена окислительно-восстановительных условий. В обоих случаях на изменение интенсивности вовлечения элементов в водные потоки косвенно влияет увеличение гидроморфности супераквальных комплексов. Так, в гидромелиорированных ландшафтах фосфор относился к слабоподвижным мигрантам, вынос которого в грунтовые воды частично ограничивался иммобилизацией в виде железофосфатов на площадном кислородном барьере в почвах,

Таблица 2

Временная изменчивость содержания ионов в грунтовых водах супераквальных ландшафтов Н–Fe-класса Вожской гидромелиоративной системы

Тип элементарных ландшафтов	Год	Средняя минерализация, М, мг/л	Коэффициент временной изменчивости содержания ионов, $K_{вр}$				
			М	HCO_3^-	Ca^{2+}	Cl^-	Р
Фоновые низинноболотные	1978	88,7	1	1	1	1	1
Гидромелиорированные луговые	1980	296	3,3	7,4	7,0	0,3	0,9
Постмелиорированные луговые	2009	194	2,2	4,7	4,3	0,8	0,2
Постмелиорированные болотные	2009	75,2	0,8	1,7	1,9	1,2	2,6
Степень контрастности временной изменчивости содержания ионов							
$K_{вр} < 1$		Контрастность*			$K_{вр} > 1$		
0,5–1		слабая			1–1,5		
0,4–0,3		средняя			1,6–2,5		
0,2–0,1		сильная			2,6–5,0		
–		очень сильная			>5,0		

* Слабая контрастность — курсив, очень сильная — полужирный.

Таблица 3

Интенсивность водной миграции железа и фосфора в дренажных водах Вожской гидромелиоративной системы

Годы	Коэффициент водной миграции, K_x				
	10n	n	0,n	0,0n	0,00n
Гидромелиорированные ландшафты					
1978–1979		P (Fe)	Fe		
1987			P		Fe
Постмелиорированные ландшафты					
1989		P		Fe	
2009	(P)	P			

подтверждением чего служит накопление фосфора в рудяковых зернах и роренштейнах (кларки концентрации до 6,4). Определенная согласованность в изменении миграционной способности железа и фосфора в дренажных водах хорошо выявляется при сопоставлении коэффициентов водной миграции этих элементов на разных стадиях развития Вожской системы (табл. 3). Разрушение кислородного барьера привело к переходу фосфора в группу легкоподвижных мигрантов и стимулировало увеличение интенсивности его водной миграции и поступление в дренажные воды.

Сравнение данных разных лет четко показывает пик минерализации дренажных вод в период наиболее активного функционирования Вожской системы и ее последовательное уменьшение в дальнейшем (рис. 3). В настоящее время дренажные воды по этому показателю постепенно приближаются к водам

рек, в заболоченных бассейнах которых осушительные мероприятия не проводились (табл. 4). Сходная картина наблюдается и для отдельных ионов (за исключением $\text{P}_{\text{мин}}$), хотя их содержание в дренажных водах все еще превышает фоновые значения, характерные для рек полесских ландшафтов Мещеры. Однако на этом повышенном уровне в постмелиорированных ландшафтах, как и в естественных, проявляется тенденция к снижению содержания гидрокарбонат-иона, кальция и магния в водах появившихся в их пределах низинных болот по сравнению с водами сопряженных с ними луговых элементарных ландшафтов, а также с дренажными и речными водами р. Вожа.

В геохимической организации постмелиорированных ландшафтов важную роль играют геохимические ловушки⁶ (рис. 4). В условиях снижения интенсивности водообмена и формирования застойного

⁶ В отличие от геохимических барьеров в данном случае имеются в виду места, где локализуются подвижные формы элементов [2].

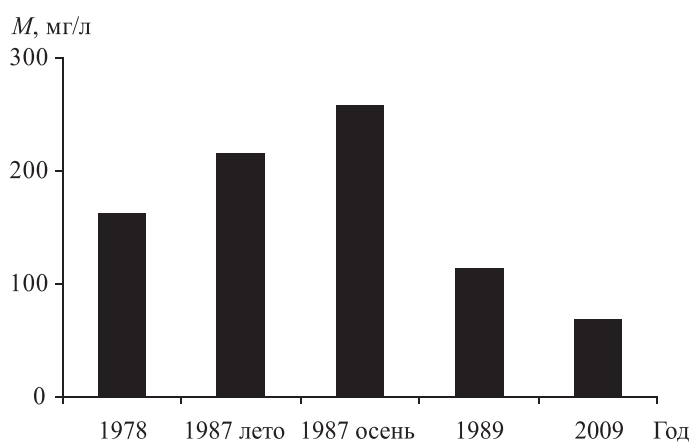


Рис. 3. Снижение минерализации (М) дренажных вод при деградации Вожской гидромелиоративной системы

водного режима изолированные заболоченные западины и дренажные каналы превратились в геохимические ловушки для растворенных форм биогенных элементов, в том числе очень подвижных водных мигрантов (в частности хлора). Эффекты синергизма спровоцировали усиленную эвтрофикацию не только дренажных каналов, но и принимающей их воды р. Вожа. Индикатором повышенного содержания хлора в ее водах, которое в 2 раза выше, чем в реках, не принимающих дренажного стока, служит бурное развитие ряски — типичного концентратора этого элемента. Интенсивное развитие гидрофитов показывает, что возможность эвтрофикации речных вод создается как при активном функционировании осушительных систем, так и при их деградации.

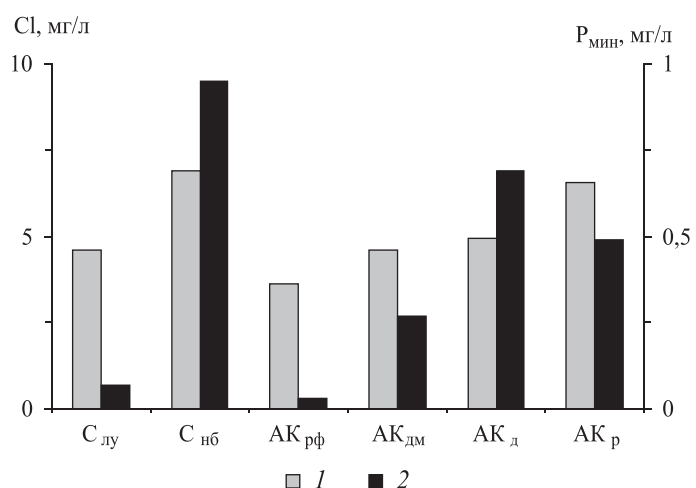


Рис. 4. Геохимические ловушки аниогенных элементов (1 — хлора, 2 — минерального фосфора) в постмелиорированных ландшафтах Вожской системы: С_{лу} — грунтовые воды постмелиорированных супераквальных луговых ландшафтов Н—Fe-класса, С_{нб} — то же низинноболотных; АК_{рф} — фоновые воды р. Посерда, не принимающей дренажного стока; АК_{дм} — дренажные воды магистрального канала, АК_д — то же канал; АК_р — воды р. Вожа, принимающей дренажный сток

Выводы:

— гидромелиорированные ландшафты не обладают способностью к самоорганизации и при прекращении регулирующих мероприятий претерпевают многокомпонентные преобразования, сопровождающиеся трансформацией условий миграции химических элементов. В основе перестройки этих ландшафтов лежит видоизменение биологического круговорота, увеличение гидроморфности и изменение комплекса типоморфных ландшафтно-геохимических процессов;

Таблица 4

Сравнение химического состава вод естественных и постмелиорированных ландшафтов Вожской системы

Тип вод	Минерализация, М, мг/л	Содержание ионов, мг/л							
		Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	P _{мин}
Естественные ландшафты (2009)									
Грунтовые воды лугов	117,0	5,2	0,1	1,5	17,9	3,9	2,8	85,4	0,17
Грунтовые воды низинных болот	39,2—40,5	1,7—2,8	0,3—0,5	1,3	6,5—7,3	3,3—4,9	2,2—6,3	16,8—24,4	0,03—0,07
Речные воды (р. Посерда)	46,8—51,4	1,2—1,6	0,1—0,5	1,9—2,1	7,3—8,4	3,6	1,8—1,9	30,5—33,6	0,03—0,04
Постмелиорированные ландшафты Вожской системы (2009)									
Грунтовые воды лугов	194,0	6,3	0,6	5,2	32,8	4,6	16,3	128,0	0,08
Грунтовые воды низинных болот	75,2	2,5	0,6	1,9	14,8	6,9	2,6	45,8	0,95
Дренажные воды	65,0—72,3	1,9—2,0	0,2—0,3	2,1—2,6	11,3—12,0	4,6—4,9	1,9—2,1	42,7—48,8	0,27—0,69
Воды рек, принимающих дренажный сток (р. Вожа)	99,1	2,5	0,6	3,4	18,1	6,7	3,6	64,1	0,49
Гидромелиорированные ландшафты в период активного функционирования Вожской системы (1987)									
Дренажные воды	215,6—258,4	4,2—4,5	0,5—1,2	10,8—12,0	40,0—43,5	5,8—9,7	16,7—51,8	79,3—170,8	0,01—0,03

— в период деградации гидромелиорированных ландшафтов в них развиваются противоположно направленные процессы, усиливающие их неустойчивость. Это связано с ослаблением одних и усилением других механизмов накопления и выноса элементов. Разрушение площадного кислородного барьера при изменении окислительно-восстановительных условий вызывает увеличение водной миграции железа и фосфора. Появление разных вариантов биологического круговорота способствует возрастанию роли фитобарьера в лугово-кустарниковых комплексах и биогеохимического барьера в почвах заболоченных понижений при снижении интенсивности разложения органического вещества. Замедление биологического круговорота приводит к уменьшению минерализации грунтовых и дренажных вод. Интенсивность этих процессов корректируется уровнем гидроморфности супераквальных комплексов, что способствует увеличению внутренней неоднородности формирующихся постме-

лиорированных ландшафтов и высокой пространственной вариабельности геохимических параметров;

— в организации постмелиорированных ландшафтов важную роль играют положительные обратные связи, когда рост уровня грунтовых вод и связанное с ним увеличение гидроморфности создают предпосылки для усиления процесса заболачивания. Общий тренд развития отражает тенденцию к восстановлению естественных свойств супераквальных комплексов, занимавших днище ложбины стока до создания Вожской мелиоративной системы. В первую очередь это усиление глеегенеза, детритогенеза и снижение открытости каскадных геосистем, включающих постмелиорированные комплексы. Замедление водообмена и накопление биогенных элементов (в частности фосфора) в водах способствует эфтрофикации дренажных канав и рек, принимающих их сток. Это требует постоянного контроля за динамикой геохимических параметров, определяющих продуктивность и состояние водных потоков в постмелиорированных ландшафтах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Авессаломова И.А.* Геохимические барьеры краевых зон болот Озерной Мещеры // Геохимические барьеры в зоне гипергенеза. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002. С. 162—175.
2. *Авессаломова И.А., Дьяконов К.Н., Савенко А.В.* Геохимические ловушки на пути водной миграции аниогенных элементов (на примере таежных ландшафтов Восточно-Европейской равнины) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2012. № 1. С. 29—35.
3. *Глазковская М.А.* Геохимия природных и техногенных ландшафтов. М., 2007.
4. *Дьяконов К.Н., Авессаломова И.А., Зворыкин К.В.* и др. Географические проблемы осушительных мелиораций. М.: МФГО, 1990.
5. *Кауричев И.С., Панов Н.П., Розов Н.Н.* и др. Почвоведение. М.: Агропромиздат, 1989.
6. *Кривцов В.А., Водорезов А.В.* Особенности строения и формирования рельефа на территории Рязанской области. Рязань: Изд-во Рязан. гос. ун-та, 2006.
7. *Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А.* и др. Динамика сельскохозяйственных земель в России в XX веке и постаргогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010.
8. *Мухин Г.Д.* Эколого-экономическая оценка трансформации сельскохозяйственных земель европейской тер-

ритории России в 1990—2009 гг. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2012. № 5. С. 19—27.

9. *Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И.* Органическое вещество почв Российской Федерации. М.: Наука, 1996.

10. *Орлов Д.С., Лозановская И.М., Попов П.Д.* Органическое вещество почв и органических удобрений. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985.

11. *Петухова Н.Н.* Геохимия почв Белорусской ССР. Минск: Наука и техника, 1987.

12. *Пыленок П.И.* Эколого-мелиоративный стационар “Вожа” Рязанской области // Мелиоративно-болотные стационары России. М.: РАСХН, 1997. С. 42—46.

13. *Пыленок П.И.* Стационар “Вожа” // Лизиметрические исследования в России. М.: НИИСХ ЦРНЗ, 2004. С. 126—129.

14. *Kuhry P., Vitt D.H.* Fossil carbon/nitrogen ratios as a measure of peat decomposition // Ecology. 1996. Vol. 77, N 1. P. 271—275.

15. *Schrautzer J., Rinker A., Jensen K.* et al. Succession and restoration of drained fens: Perspectives from Northwestern Europe // Linking Restoration and Ecological Succession. Springer Ser. on Environmental Management. 2007. P. 90—120.

Поступила в редакцию
21.11.2013

I.A. Avessalomova, K.N. Dyakonov, A.V. Savenko, T.I. Kharitonova

GEOCHEMICAL TRANSFORMATION OF POST-AMELIORATIVE LANDSCAPES

Principle trends of the transformation of hydro-ameliorative landscapes during the 20-year-long period of drainage system degradation were revealed basing on the results of the long-term investigations. Changes in landscape-geochemical processes and conditions of elements migration are described. Temporal variations of hydrochemical parameters and lower mineralization of ground and drainage waters were recorded in the post-ameliorative landscapes as compared with the period of active functioning of the drainage system. Factors leading to the higher or lower intensity of water migration of elements were identified.

Key words: drainage amelioration, post-ameliorative landscapes, landscape-geochemical processes, geochemical barriers, drainage waters, geochemical parameters.