

при одинаково излучающем фоне более «теплые» объекты отображаются более светлым фототонном;

на величину контрастов теплового изображения влияют многочисленные природные факторы.

Кроме того, характер теплового поля существенно зависит от времени съемки — как сезона, так и суток. Так, реки и водоемы в холодный сезон выглядят более «теплыми» (светлыми), чем фон, а в теплый сезон — более «холодными» (темными). Явление инверсии наблюдается и в течение суток: реки, водоемы, переувлажненные места (участки заболачивания, подтопления) в дневное время отображаются темным фототонном, в ночное время — более светлым. Это объясняется тем, что вода обладает высокой тепловой инерцией — в течение суток ее температура изменяется сравнительно мало (на несколько градусов). Объекты суши (например, плотный сухой грунт, асфальт) имеют значительный перепад температуры в течение суток, в летнее время достигающий 20 °С и более.

Техногенные объекты, как правило, характеризуются постоянно положительным контрастом с фоном, так как имеют достаточно высокую температуру. Максимально контрастно выглядят промышленные зоны (здания ТЭЦ, котельных, заводы и т. д.). Точечные высокотемпературные объекты обычно отождествляются с малоразмерными высокотемпературными объектами (горячие трубы, костры и др.). Обычно вокруг теплового следа таких объектов наблюдается ореол.

Весьма распространенным видом источников воздействия на окружающую среду являются утечки из подземных водонесущих коммуникаций. Эти утечки, кроме неоправданных расходов энергоресурсов, способны вызывать изменения химического и бактериального состава, температуры и уровня грунтовых вод, привести к подтоплению или заболачиванию территории, развитию оползней и обвалов, активизации карстовых и суффозионных процессов. Промышленные и коммунальные стоки в реки и водоемы являются интенсивными источниками загрязнения поверхностных вод, а при соответствующих гидрогеологических условиях их воздействие может сказаться на составе и температуре подземных вод.

Тепловая аэросъемка, особенно периодическая, позволяет выявлять многие виды источников загрязнения, следить за их динамикой и интенсивностью воздействия, представить дальнейшее развитие негативных явлений и выработать экологоориентированные мероприятия. Газовая и аэрозольная съемка, позволяющие определить содержание NO₂ и отдельных химических элементов в воздухе, способны контролировать состояние воздушной среды промышленного района и значительно сузить поиск очагов загрязнения промышленными выбросами.

1. Новиков Г. В., Романов В. П., Капельщиков Н. А., Фейгельман М. Е. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1994. № 1. С. 63.

2. Капельщиков Н. А., Лукашев В. К., Новиков Г. В., Фейгельман М. Е. // Весці АН Беларусі. Сер. хім. навук. 1994. № 2. С. 101.

УДК 551.431

П. С. ЛОПУХ

ВЛИЯНИЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО БЛАГОУСТРОЙСТВА ТЕРРИТОРИЙ МАЛЫМИ ВОДОХРАНИЛИЩАМИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

The estimation of the small water reserves influence upon the environment is shown. The five kind of small water reservers influence is exposed.

Практика строительства и эксплуатации водохранилищ и прудов в Беларуси позволила определить тенденции водохозяйственного благоу-

ройства водосборов малых рек в условиях достаточно высокой плотности населения и их роль в изменении окружающей среды. На современном этапе наиболее перспективными направлениями водохозяйственного благоустройства водосборов малых рек следует считать:

создание малых водохранилищ для регулирования водного стока малых рек;

водное благоустройство промышленных районов;

реконструкция водохранилищ энергетического назначения;

восстановление и оптимизация озер (строительство водохранилищ и прудов на базе озер);

создание водохранилищ промышленного назначения;

строительство полносистемных водохозяйственных комплексов;

водохозяйственная рекультивация карьеров нерудных полезных ископаемых;

создание водохранилищ и прудов, копаней при строительстве дорог, дамб и других хозяйственных объектов;

создание водохранилищ многоцелевого (комплексного) назначения.

Искусственные водоемы занимают особое место среди природных водных объектов. По В. М. Широкову, эти водоемы существенно изменяют структуру географического пространства и по сравнению с другими антропогенными ландшафтами более активно воздействуют на окружающую среду [1—3]. С одной стороны, новые гидрологические условия ведут к изменению окружающей природы, с другой — нарушенная природная среда стремится к формированию новой равновесной системы в складывающихся условиях. Кроме того, возникает необходимость проведения мероприятий по благоустройству и планировке побережий, гидротехнических и мелиоративных работ на водосборе и прилегающих землях.

Строительство водохранилищ ведет к изменению уклона водной поверхности реки и возникновению кривой подпора на участке строительства водохранилища и в связи с этим — к появлению местного базиса на профиле реки. Изменение базиса может быть каскадного типа (Свислочский каскад), линейного типа (Вилейско-Минская водная система, Слепянская и Лошицкая (строящаяся) системы), а также локальным (напр., Осиповичское, Плещеничское, Солигорское, Тетеринское водохранилища). Линейные системы представляют собой чередование водохранилищ различных гидроморфологических типов и назначения и частично или полностью канализованные русла рек, каналы.

По характеру воздействия водохранилища могут вызывать направленное изменение природной среды, выразившееся в одном из негативных процессов (тепловое загрязнение, подтопление в связи с просадками грунта и др.). Так, водохранилища озерного типа, которые используются в качестве водоемов-охладителей при ГРЭС (Белое, Лукомльское), отличаются сильным тепловым загрязнением (термофикацией). Единственным водоемом-водохранилищем озерного типа, связанным с производством электроэнергии на АЭС, является оз. Дрисвяты. Ранее озеро использовалось в качестве водохранилища при ГЭС «Дружба народов».

В системе каскада водохранилища, расположенные в верхнем бьефе, активно воздействуют на природу водоемов в нижнем бьефе, во многом определяя их гидрологический режим. Поэтому каскад водохранилищ работает как единый водный природно-антропогенный комплекс, и его воздействие на прилегающую территорию следует рассматривать суммарно в единой системе.

Изменения природы линейного типа возникают на трассе каналов, канализованных русел рек и в нижнем бьефе водохранилищ, где основные изменения приурочены в основном к русловой части реки.

Аналогично природным озерно-речным системам рукотворные системы типа «река — водохранилище — канал — водохранилище», «ре-

ка — водохранилище — река — водохранилище» (Вилейско-Минская и Слепянская водные системы) представляют собой чрезвычайно сложный комплекс прямых и косвенных взаимосвязей. В отличие от каскадной системы, их зона влияния на окружающую среду имеет прерывистый характер. Площадное влияние на природу чередуется с линейным. При строительстве каналов зона их влияния искусственно расширяется в связи со строительными преобразованиями по трассе каналов, сооружением дополнительных гидротехнических сооружений. Как правило, в зоне влияния находятся многочисленные речки и ручьи, нарушаются местные водосборы.

Большинство водохранилищ оказывают площадное влияние на окружающую среду, охватывая значительные территории, иногда превышающие площадь самого водоема. Структура влияния водохранилищ Беларуси на прилегающую природную среду, выявленная в условиях Беларуси, представлена в таблице.

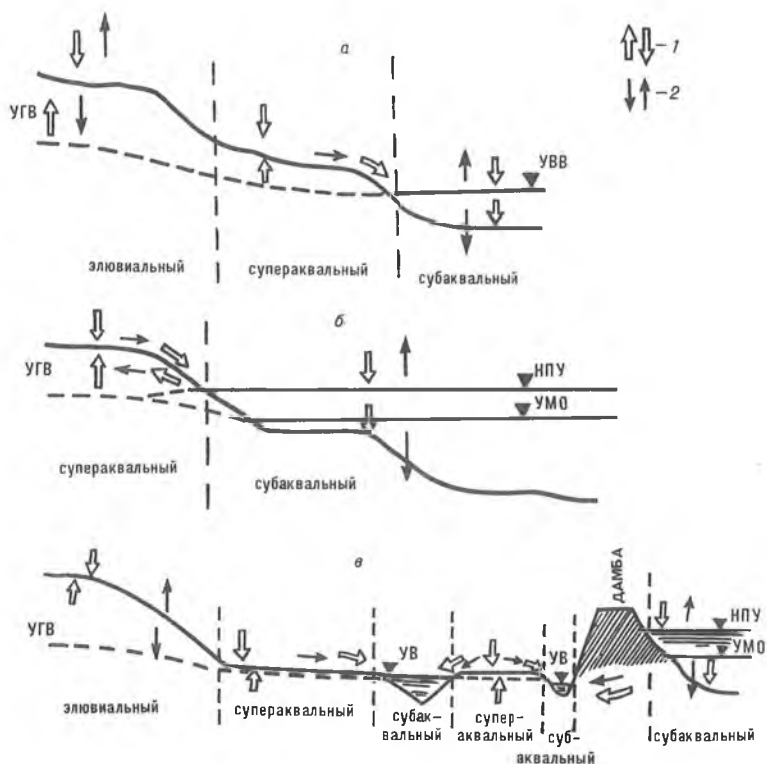


Схема перестройки элементарных геохимических ландшафтов при строительстве водохранилищ:

а — схема геохимического ландшафта, по Польшову; *б* — структура ландшафта после создания водохранилища; НПУ — нормальный подпорный уровень водохранилища; УМО — уровень мертвого объема; УГВ — уровень грунтовых вод в прибрежной части верхнего бьефа (водохранилища); 1 — поступление веществ в ландшафт; 2 — удаление веществ из ландшафта; УВВ — уровень воды водоема до создания водохранилищ; *в* — структура прибрежного ландшафта у ограждающих дамб и в нижнем бьефе водохранилищ

В геохимическом отношении при создании водохранилищ меняется структура элементарных геохимических ландшафтов (рисунок) [4]. Представленная модель является, по сути дела, базой для анализа воздействия водохранилищ на прилегающую территорию и свидетельствует о возможности формирования техногенных аномалий и саморегулирования ландшафта, его устойчивости по отношению к воздействиям, связанным с новым напором на субаквальный ландшафт. На месте супераквальных и

**Оценка изменения природной среды
при создании малых водохранилищ в условиях Беларуси**

Типологическая группа водохранилищ	Соотношение водной акватории и нарушенной природной среды (НПС)	Качественные изменения природной среды (процессы)													
		прилегающая территория					водохранилище (верхний бьеф)			нижний бьеф					
		подпор грунтовых вод	подтопление земель	изменение микроклимата	изменение растительности	изменение животного мира	абразия берегов	заиление ложа	зарастание ложа	формирование эрозионной воронки	деформация русла	изменение водного стока	изменение химического стока	изменение температурного режима	изменение газового режима
I (малые приточные)	$S_{\text{НПС}} \ll f_0$	—	—	+	+	+	—	+++	+++	+	—	+	+++	+++	+++
II (небольшие приточные)	$S_{\text{НПС}} < f_0$	++	++	++	+	+	++	++	++	+	+	++	+++	+++	+++
III (средние приточные)	$S_{\text{НПС}} \approx f_0$	+++	+++	+++	++	++	+++	+	+	++	+	+++	++	++	+++
IV (приточно-наливные)	$S_{\text{НПС}} \geq f_0$	+++	+++	+++	+++	++	+	+	—	—	—	+++	+++	+	+++
V (наливные)	$S_{\text{НПС}} \gg f_0$	+++	+++	+++	+++	+++	—	+	—	—	—	+++	+++	+	+++

Примечание: качественные изменения природы; — отсутствует или выражен локально; + — слабое; ++ — умеренное; +++ — сильное.

элювиальных ландшафтов формируются субаквальные и супераквальные, нарушая тем самым поступление, накопление и удаление веществ в зоне влияния.

Степень воздействия рукотворных водных ландшафтов на окружающую среду определяется величиной напора в створе головного гидротехнического сооружения и их морфометрическими параметрами (площадь, ширина, длина акватории и др.) [5].

После подготовки ложа, прибрежной полосы и заполнения водохранилищ возникают условия, которые нарушают природные связи и устойчивость природной экосистемы. С момента наполнения водохранилища идет процесс формирования качественно новой равновесной природно-антропогенной системы, ориентированной на величину подъема воды в реке. При условии стабильности подпора процесс становления новой системы происходит по кривой затухания. В первую очередь по кривой затухания развиваются физические процессы (подпор уровня грунтовых вод, уровня воды в реке, процесс переформирования берегов и ложа, дифференциация терригенного материала, занесение ложа и др.), которые характеризуются перемещением значительных объемов воды и других веществ. Наиболее сложными и устойчивыми во времени являются интегральные процессы (изменение трофности, подтопление прилегающей территории, изменение нижнего бьефа, др.).

По интенсивности воздействия на окружающую среду водохранилища Беларуси можно подразделить на пять групп.

Первую группу образуют малые водохранилища с небольшой площадью зеркала (до 10 км^2) и объемом водной массы до 20 млн м^3 . Для них характерно слабое влияние на прилегающую территорию. Зона нарушенной природной среды значительно меньше площади создаваемой водной акватории ($S_{\text{нпс}} \ll f_0$). Наиболее существенные изменения за счет внутриводоемных автохтонных процессов происходят здесь в самих водохранилищах. Они интенсивно заиляются и зарастают. Зона подтопления выражена слабо, процесс обрушения берегов наблюдается локально. Эта группа водохранилищ является в условиях Беларуси преобладающей. К ней можно отнести озерные водохранилища Поозерья и большую группу водохранилищ с объемом менее 1 млн м^3 , которые условно относятся к прудам.

Вторую группу образуют небольшие водохранилища площадью $10\text{--}30 \text{ км}^2$ и объемом водной массы от 20 до 60 млн м^3 (Солигорское, Чигиринское, др.). Для этой группы характерно более значительное влияние на прилегающую территорию с существенным изменением природы самих водохранилищ ($S_{\text{нпс}} < f_0$). В прибрежной полосе четко прослеживаются зоны слабого, умеренного и сильного подтопления. В результате береговых процессов водоемы получают значительные объемы терригенного материала (до 150 тыс. м^3). В верховьях и больших заливах водохранилищ образуются участки сплошного зарастания. Хорошо выражена зона климатического влияния.

Третью группу образуют средние по величине водохранилища площадью $30\text{--}80 \text{ км}^2$, с объемом водной массы более 100 млн м^3 (Вилейское, Заславское), для которых характерен весь комплекс изменений природных условий прилегающей территории, наблюдаемый для крупных равнинных водохранилищ СНГ. С целью уменьшения зоны подтопления создаются ограждающие дамбы и польдерные системы. Фильтрационные и воды местного стока с малого водосбора насосными станциями закачиваются в водохранилища. С учетом зон климатического влияния и подтопленных земель общая зона влияния на прилегающую территорию соизмерима с площадью их акватории ($S_{\text{нпс}} \approx f_0$).

Четвертая группа водохранилищ занимает промежуточное положение между приточными водоемами и водохранилищами наливного типа (Краснослободское, др.). Это водохранилища полуналивного типа. Одна-

ко в гидрологическом режиме большую роль играет поверхностный приток. Зона влияния на прилегающую территорию равновелика площади водной акватории водохранилищ ($S_{\text{нпс}} \geq f_0$). Длина береговой линии с искусственными берегами составляет до 50 % и более от их общей протяженности. Это обстоятельство обуславливает значительные фильтрационные потери и подпор грунтовых вод на прилегающей территории. Уровень воды в водохранилище на протяжении укрепленной береговой линии значительно выше поверхности прилегающей территории, где идет интенсивный болотный процесс.

Особую, пятую, группу составляют наливные водохранилища, у которых без специальных гидротехнических решений зона влияния на прилегающую территорию была бы значительно больше площади акватории самого водохранилища ($S_{\text{нпс}} \gg f_0$). Эти водохранилища предназначены для регулирования уровня грунтовых вод на мелиорированных землях. Фактор подтопления в условиях Полесской низменности, выражающийся в подъеме грунтовых вод и рассматриваемый традиционно как отрицательное явление, выполняет исключительно положительную функцию. При проектировании водохранилищ и разработке схем комплексного использования водных и земельных ресурсов бассейнов малых рек предусматривается двухстороннее регулирование стока в пределах мелиоративных объектов и максимальное использование эффекта подтопления.

Формирование нового ландшафта сопровождается процессом увязки (притирки) новой гидросистемы с окружающей природной обстановкой, который можно подразделить на отдельные этапы или стадии, характеризующие интенсивность проявления абиотических и биотических процессов внутри искусственных водоемов и в зоне контакта их с прилегающей территорией. В итоге в створе регулирующего сооружения формируется качественно новый ландшафт. Наибольшие изменения на прилегающей территории связаны с возникновением подпора уровня грунтовых вод и, как следствие, с подтоплением прилегающих земель. При этом у наливных водохранилищ зона подтопления формируется в основном на мелиорированных землях и используется в сельском хозяйстве. Создание водохранилищ в иных целях нежелательно в связи с максимально возможным подтоплением. Наименьшие изменения природной среды на прилегающей территории возникают при создании малых и небольших водохранилищ. Климатическое воздействие зависит от морфометрических показателей. С увеличением площади и ширины водоемов увеличивается зона их климатического воздействия.

В верхнем бьефе существенные изменения происходят в малых водохранилищах. За довольно короткий срок (30—50 лет) они практически теряют свои эксплуатационные характеристики.

В нижнем бьефе наиболее существенные изменения происходят в режиме водного и химического стока (в частности, биогенных элементов), заметны изменения температуры воды и обогащение кислородом сбрасываемых вод. В самих водоемах первой и второй группы за счет внутриводоемных процессов происходит биологическая детоксикация и седиментация сточных вод, поступающих в водохранилище. В нижний бьеф сбрасывается значительно осветленная и аэрированная вода. За счет самоочищения воды прозрачность в приплотинной части водохранилищ увеличивается в 1,5—2 раза.

Учитывая значительную площадь водосборов водохранилищ, несбалансированность алахантных и автохтонных процессов, отметим, что водохранилища более подвержены эвтрофированию, чем природные водные объекты. Поэтому трофность водохранилища с момента его заполнения быстро повышается и через 5—10 лет достигает уровня, который соответствует эвтрофному, а чаще высокоэвтрофному озеру [6]. Как правило, водохранилища отличаются интенсивным развитием фитопланктона и практически ежегодным явлением «цветения» воды.

1. Лопух П. С., Кухарчик М. В., Пидопличко В. А. // Актуальные проблемы охраны, рационального использования и воспроизводства природных ресурсов. Мн., 1984. С. 165.

2. Широков В. М., Лопух П. С., Кухарчик М. В., Пидопличко В. А. // Конструктивные задачи географических исследований в Белорусской ССР. Мн., 1984. С. 25.

3. Широков В. М. // География и природные ресурсы. 1988. № 1. С. 48.

4. Охрана ландшафтов: Толковый словарь. М., 1982.

5. Широков В. М., Лопух П. С., Левкевич В. Е. Оценка воздействия малых водохранилищ на окружающую среду. Мн., 1994.

6. Базыленко Г. М., Бурдыко П. И., Лопух П. С. // Вестн. БГУ. Сер. 2. 1977. № 1. С. 59.

УДК 551.4.012 (476)

С. А. ХОМИЧ, С. В. РАДЕВИЧ

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ ДЕНУДАЦИИ

The possibility to estimate the chemical denudation from the dissolved material runoff has been analyzed within a model region with consideration for the non-denudation ions. Some special features of calculation of terms, that form an equation of chemical denudation have been described. Eieven of the dissolved material runoff, as well as dissolved substances of non-denudation origin have been calculated from the chemical denudation equation for the Zapadnaya Berezina, Isloch and Olshanka outlets.

Изученность химической денудации как процесса рельефообразования до настоящего времени уступает представлениям о других экзогенных процессах. Невнимание к этому фактору морфогенеза обусловлено, в первую очередь, геоморфологической невыраженностью следов химической денудации, отсутствием специфических форм рельефа, а также недостаточно опробированными методами количественного определения интенсивности процесса.

В качестве модельного района для отработки методических подходов к оценке химической денудации использован бассейн р. Зап. Березина.

В основу расчета величин выноса химических элементов положена методика, разработанная в Казанском университете и состоящая в оценке химической денудации по стоку растворенных веществ с учетом поправок на неденудационное поступление некоторой их части [1].

Основное рабочее уравнение для расчета химической денудации

$$D=[(I-P_c-P_{аз.})+K+MЭ]+P_{исп.}\pm P_{обм.}-P_{атм.}-P_{антр.} \quad (1)$$

включает элементы речного стока растворенных веществ: ионный сток $I(Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+, SO_4^{2-}, Cl^-, HCO_3^-)$, минеральные коллоиды $K(Si, Fe, Al)$, микроэлементы $MЭ$, а также растворенные вещества неденудационного происхождения:

атмосферный и биогенный CO_2 , поступающий при растворении карбонатных пород и выветривании алюмосиликатов и мигрирующий в дальнейшем в форме карбонатных ионов P_c ;

атмосферные и биогенные соединения азота $P_{аз.}$;

растворенные вещества, поступающие в речные воды данного бассейна из глубинных минерализованных слоев $P_{обм.}$;

растворенные вещества, поступающие с атмосферными водами $P_{атм.}$;

растворенные вещества промышленных, сельскохозяйственных и бытовых стоков $P_{антр.}$.

Факторологическую основу работы составили результаты полевых гидрологических, гидрохимических и геоморфологических исследований, проводившихся в период с 1991 по 1993 г. Кроме того, для расчета общей химической денудации привлечены данные Белорусского гидрометцентра и фондовые материалы Института геологических наук АНБ.

Замеры скоростей течения, выявление морфометрических характеристик речных русел (см. рис. 1) и гидрохимическое опробование вод про-