

Наиболее передовые технологии извлечения лития развиты в США. В штатах Мичиган и Оклахома нефтяные воды содержат до 3 г/л лития. По мнению ученых, литий хранится в водах геотермальных электростанций, промышленных и термальных водах, а также в подземных водах, сильно выделяющихся при добыче нефти и газа. Ибо добыча металлов также увеличивает возможность производства энергии. В РФ принята кондиция для лития в 10 мг/л. Запасы руд цезия очень ограничены и не могут обеспечить постоянно растущий спрос, который оценивается около 35 т в год. Поэтому добыча цезия, при наличии технологии, из подземных вод может быть рентабельна. Также отдельно следует оценивать перспективы извлечения полезных компонентов из вод карьерного и шахтного водоотлива.

Литература

1. Türkmenistanda himiýa ylmyny we tehnologiýalaryny toplumlaýyn ösdürmegiň 2021–2025-nji ýyllar üçin Döwlet maksatnamasy. – А.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2020.
2. Nurgeldiýew, N. Umumy gidrogeologiya / N. Nurgeldiýew, D. Orazdurdiyew. – А.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2012.

УДК628.357

Конструктивные особенности поверхностных водохранилищных водозаборов Беларуси и факторы, затрудняющие их эксплуатацию

Левкевич В. Е., Юшкевич Н. В.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

В статье изложены особенности поверхностных водохранилищных водозаборов и факторы затрудняющие их эксплуатацию

Поверхностные водохранилищные водозаборы применяют обычно при относительно пологом склоне, когда необходимые глубины находятся на значительном расстоянии от берега (рис. 1). При этом всасывающие линии устраивают самотечными. Водоприемники сооружают из железобетона. Они бывают: постоянно затопленными, затопляемыми высокими водами, незатопляемыми. Незатопляемые водоприемные оголовки называют крибами. Затопляемые трудно эксплуатировать, но они используются на судоходных и лесосплавных реках. Затопленные водоприемные оголовки могут служить только для защиты самотечных линий или образовывать водопримную камеру, к которой присоединяют концы самотечных линий (рис. 1).

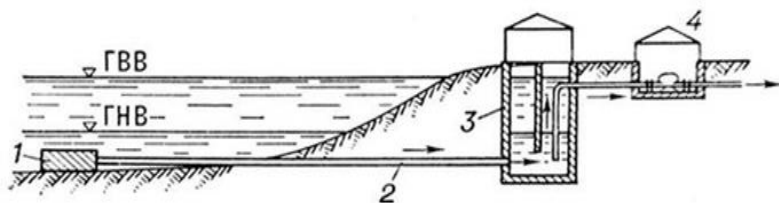


Рис. 1. Русловой водозабор раздельного типа:
 1 – оголовок; 2 – самотечные линии; 3 – береговой колодец;
 4 – насосная станция; ГВВ – горизонт (уровень) высоких вод;
 ГНВ – горизонт (уровень) низких вод

Большинство созданных на водохранилищах водозаборов расположены в приплотинной части водоемов на приглубых берегах со значительными глубинами, и устойчивых к размыву грунтах, образующих береговой склон. Конструктивно все существующие водозаборы подразделяются на раздельные (рис. 2) и совмещенные (рис. 3).



Рис. 2. Водозаборы раздельного типа с прямым отбором воды

При раздельном водозаборном сооружении берегового типа в приузловой зоне располагается водоприемный железобетонный колодец, который по фронту имеет не менее двух секций, каждая из которых разделена на приемную и всасывающую камеры. Каждая всасывающая камера соединяется всасывающей трубой с насосами. Вода из водохранилища поступает в приемную камеру через окна, оборудованные с наружной стороны съемными сороудерживающими решетками. Насосная станция подъема конструктивно отделена от берегового колодца. В качестве примера можно отметить водозаборы на водохранилищах Любанском, Млынокском, Осиповичском, Лукомльском озере и других водоемах.

Береговые же водозаборы совмещенного типа с насосными станциями устраивают, как правило, при больших производительностях и расходах.

В качестве примера можно привести водозабор на водохранилище Дрозды. К этому типу сооружений относятся водозабор Вилейско-Минской водной системы на Вилейском водохранилище и ряд других (рис. 3).



Рис. 3. Водозаборы совмещенного типа

Кроме указанных групп водозаборов отдельного и совмещенного типов существуют поверхностные водозаборы с «прямым отбором» воды для обеспечения рыбхозов, мелиоративных объектов, а также малых ГЭС. Следует также отметить, что ряд водохранилищ наливного типа наполняемые насосными станциями (НС) двойного действия: в весенний период они служат для наполнения водоема, в период межени – для орошения и обводнения и водоснабжения.

Все обследованные поверхностные водозаборы, расположенные на водохранилищах страны также были классифицированы по водопользователям. Натурное обследование ряда объектов показало, что общее состояние конструкций и отдельных узлов водозаборных сооружений находятся в хорошем и удовлетворительном состоянии. В некоторых случаях наблюдается износ бетонных и металлических конструкций. Это касается коррозии сооружений удерживающих решеток и закладных деталей, нарушения целостности некоторых элементов бетонных конструкций, что связано с воздействием ветрового волнения и ледового покрова. Ниже, в табл. 1, приведена характеристика некоторых эксплуатируемых водозаборов.

Таблица 1

Классификация существующих поверхностных водозаборов
на водохранилищах

Название водохранилища	Расположение водозабора	Тип водозабора	Назначение водозабора
Чижовское	Левый берег	раздельный	Техническое водоснабжение
Солигорское	Правый берег	совмещенный	Техническое водоснабжение
Осиповичское	Левый берег	раздельный	Рыборазведение
Млынокское	Правый берег	раздельный	Орошение
Жодинской ГЭС	Правый берег	совмещенный	Техническое водоснабжение
Дрозды	Правый берег	совмещенный	Питьевое и техническое водоснабжение
Водохранилище ТЭЦ-2	Левый берег	раздельный	Техническое водоснабжение
Любанское	Правый берег	раздельный	Орошение
Дубровское	Правый берег	раздельный	Энергетика
Лукомльское озеро	Правый берег	раздельный	Энергетика

С момента создания водохранилища начинается преобразование форм рельефа, в пределах которых размещается или с которыми контактирует водохранилище, так как эти формы не соответствуют новым гидрологическим и гидрогеологическим условиям. Наиболее интенсивные изменения рельефа происходят вблизи береговой черты водохранилища, затрагивая как побережье, так и прибрежную акваторию.

Размыв берегов волнами является, как правило, ведущим береговым процессом. При благоприятных условиях этот процесс может происходить в любых частях водохранилища. Он осуществляется преимущественно ветровыми волнами, а также сопутствующими или связанными с ними течениями. К важнейшим условиям, влияющим на характер и интенсивность волнового размыва, относятся: форма и размеры берегового склона, конфигурация береговой линии и положение ее по отношению к волнообразующим

направлениям, геолого-литологическое строение берегового склона, сопротивляемость размыву (размываемость) слагающих его пород и способность материала этих пород к накоплению в прибрежной зоне водоема и к участию во вдольбереговом потоке наносов, уреченный режим водохранилища. Граничными условиями для размыва берегов под действием ветровых волн являются сопротивляемость пород, превышающая размывающую способность волн, и неблагоприятные условия для ветрового волнения – слабая ветровая активность, малые размеры (ширина и глубина) акватории, малый угол (менее 3–5°) берегового склона, ледообразование на водоеме и зарастание водоема.

По вертикали зона непосредственного воздействия волнения на береговые склоны определяется размахом колебания уровня воды в безледное время и наибольшими размерами волн при крайних положениях уровня воды.

В формировании береговой зоны участвуют ветровые волны всех размеров. В начальный момент после заполнения водохранилища на размыв берегов и переотложение размываемого материала пород затрачивается максимальная доля энергии ветровых волн, подходящих к берегу. Основную работу при этом выполняют чаще всего не самые высокие волны, продолжительность действия которых невелика, а волны меньших размеров, но более часто повторяющиеся. При скорости ветра менее 3 м/с волны очень малы и их воздействие на берег ничтожно.

Ветроволновой размыв берегов (ВВРБ) приводит к необратимым (однонаправленным) изменениям некоторых условий: геолого-литологического строения, формы и размеров берегов; состава грунтов на дне и глубин водоема, а также плановых очертаний береговой линии, что в свою очередь вызывает существенную перестройку самого процесса дальнейшего размыва берега и при определенных условиях практически полное его затухание.

Вызывая отступление берега и накопление возле него части размываемого материала, процесс ВВРБ обуславливает появление прибрежной отмели и продольного потока двигающихся по ней наносов. Общее выравнивание берега в плане за счет срезания мысов и отчленения заливов пересыпями способствует формированию единого продольного потока наносов, обеспечивающего взаимосвязанное развитие берега на значительном протяжении.

Участок берега в плане в пределах действия единого потока наносов можно рассматривать как динамическую систему, имеющую относительно самостоятельное развитие. В этой системе различаются зоны дефицита, транзита и зона преобладающего отложения наносов, где размыв берега в отдельных случаях происходит в начале эксплуатации водохранилища, а затем берег начинает развиваться по аккумулятивному пути. Обмен наносами между зонами осуществляется за счет миграции наносов, т. е. местных и

кратковременных подвижек наносов вдоль берега о том или ином направлении.

Образование прибрежной отмели и продольного потока наносов способствует уменьшению доли суммарной энергии ветровых волн, идущей непосредственно на размыв берега. Чем шире и положе отмель, тем больше доля энергии волн, расходуемая на преодоление трения, тем слабее в общем обратный компенсационный отток воды во время волнения, транспортирующий размывтый материал от берега, тем сильнее рефракция волн, способствующая уменьшению продольной составляющей энергии ветровых волн, а, следовательно, и продольного потока наносов.

В условиях достаточно широкой прибрежной отмели размыв берегов происходит лишь при стоянии уровня выше наиболее часто повторяющихся его положений, когда берегозащитный эффект прибрежной отмели ослабевает. Общая тенденция к ослаблению размыва берегов волнами по мере роста прибрежной отмели особенно четко прослеживается на водохранилищах с незначительными колебаниями уровня воды в безледное время. Вполне возможно, что на более поздних стадиях развития берегов существующих водохранилищ будет прослеживаться чередование периодов ослабления (или даже полного прекращения) и активизации ВВРБ. Это может быть связано с чередованием периодов построения и разрушения прибрежных отмелей вследствие изменчивости ветроволновых процессов в условиях неустойчивого уровня воды в водоеме, необратимого выноса различными течениями твердого материала из прибрежной зоны в открытую часть водоема или перераспределения его вдоль берега, размыва прибрежной отмели тальми водами в период предполоводной сработки водохранилища.

При длительной эксплуатации водохранилища возможно изменение по тем или иным причинам вида регулирования, а иногда и общей величины стока воды через гидроузел. Это отражается на уровненом режиме водоема, что может в случае общего повышения уровня воды вызвать на некоторый период оживление ВВРБ.

В верховьях водохранилищ в размыве берегов наряду с волнением принимает участие стоковое течение. Особенно активный размыв берегов стоковым течением возможен на вогнутых в плане участках. Интенсивность боковой эрозии русла зависит прежде всего от сопротивляемости пород размыву, скорости и направления течения вблизи берега. При расположении водохранилища в каскаде наибольшая активность стокового течения отмечается в зоне влияния суточного регулирования стока верхним гидроузлом. Вниз по длине любого водохранилища наблюдается закономерное ослабление стокового течения, а, следовательно, уменьшается в целом и боковая

эрозия. Боковая эрозия развивается главным образом в периоды прохождения половодья, паводков или значительных попусков воды из вышележащего водохранилища. Общая направленность в изменении темпов боковой эрозии определяется характером руслового процесса, стадией его развития, а также тем, в пределах какого элемента русла в плане находится рассматриваемый участок берега.

Стоковые течения усиливают размыв берегов под действием ветровых волн, так как ограничивают рост прибрежной отмели и увеличивают ее крутизну. Кроме того, они способствуют перемещению прибрежных наносов вниз по длине водоема.

Размыв берегов под действием ветроволновых процессов и стоковых течений сопровождается оживлением целого ряда береговых процессов, выделяемых в особую группу склоновых процессов. Склоновые процессы происходят под влиянием гравитации и вызывают смещение пород на размываемых берегах в форме осыпи, обвала, оползня, овражной эрозии, солифлюкции, пльвуна. Преобладание того или иного из склоновых процессов определяет общий характер рельефа берегов.

Общие черты и особенности динамики берегов, развития отдельных береговых процессов в значительной мере определяются общей физико-географической обстановкой территории расположения водоема, формой ложа и размерами водохранилища, уровнем режимом, зависящим в основном от характера регулирования речного стока, а также возрастом водохранилища.

Характер и интенсивность гидродинамического воздействия водохранилища на берега существенно зависят, кроме того, от местоположения того или иного берега по длине водохранилища. Крупное равнинное водохранилище в этом отношении можно разделить на две зоны: зону глубокого подпора, характеризующую большой глубиной и шириной водоема, сравнительно устойчивым положением уровня воды, минимальными уклонами водной поверхности, и зону небольшого подпора, характеризующую меньшей глубиной и шириной водоема, более неустойчивым уровнем воды и повышенными уклонами водной поверхности. Граница между этими зонами приблизительно может быть установлена путем анализа продольных профилей водной поверхности водохранилища в характерные периоды его эксплуатации: в период прохождения пика половодья, в период предельной сработки воды из водохранилища.

На каскадных водохранилищах при условии осуществления верхним гидроузлом суточного, недельного, сезонного (или даже многолетнего) регулирования речного стока зона небольшого подпора, в свою очередь, разделяется на три района.

Для верхнего района характерно влияние на гидрологический режим суточного и недельного регулирования стока вышерасположенным гидроузлом, что вызывает неустановившееся движение потока. Наиболее полно здесь выражено сезонное регулирование стока и наблюдаются максимальные скорости стокового течения, Зимний период отличается неустойчивостью ледового покрова. Нижняя граница участка определяется дальностью распространения волн попусков суточного регулирования, причем она устанавливается в период предполоводного уменьшения подпора, при наименьшем его влиянии.

Для среднего района, как и для верхнего, характерно преобладание неустановившегося движения потока, так как еще прослеживается влияние недельного регулирования стока верхним гидроузлом. Исчезновение колебаний уровня воды, связанных с недельным регулированием, является признаком окончания района. Нижняя граница этого района устанавливается в период предельного ослабления подпора в конце зимы.

Нижний район отличается установившимся движением потока и постепенным ослаблением стокового течения по длине района.

К основным показателям, которые целесообразно учитывать при гидрологическом районировании зоны небольшого подпора, относятся суточный размах колебаний ежечасных уровней воды, недельный и годовой размах колебаний средних суточных уровней воды. Эти показатели сравниваются с аналогичными показателями в зоне глубокого подпора, а также проводится анализ продольных уклонов водной поверхности водоема при различных режимах работы верхнего и нижнего гидроузлов и характерных значениях подпора водохранилища.

Выделенные показатели достаточно тесно связаны с важнейшими характеристиками гидрологического режима, влияющими на берега. Выбор их в качестве признаков районирования обусловлен сравнительной легкостью получения и простотой обработки необходимых для этого данных. В качестве дополнительного признака при районировании следует использовать некоторые морфометрические показатели долины, в которой размещается водохранилище, в частности высотные отметки поймы и надпойменных террас. Это дает возможность учесть положение различных характерных уровней воды в водоеме по отношению к геоморфологическим элементам долины. Иногда для этих же целей можно привлекать конфигурацию водохранилища в плане, так как она влияет на поперечное сечение и ширину русла, а, следовательно, и на скорость стокового течения и интенсивность ветроволновых процессов.

Изменение гидрологической обстановки по длине зоны небольшого подпора оказывает заметное влияние на динамику и форму береговой зоны водоема.

В верхнем районе преобладает воздействие на берега стокового течения, что обуславливает формирование берегов эрозийного типа, отличительным признаком которых служит наличие бечевника. Располагаясь в интервале колебаний уровня воды, бечевники имеют вогнутую или близкую к прямолинейной форму профиля и сравнительно большую крутизну. В случае активной боковой эрозии они отступают вместе с берегом и имеют наименьшую ширину при наибольшей крутизне.

В среднем районе стоковое течение сохраняет еще до некоторой степени свою берегоформирующую роль, препятствуя отложению наносов в прибрежной зоне водоема и образуя русловые формы, переходные от бечевников к прибрежным отмелям, у которых нет еще достаточно четкого свала глубин, характерного для прибрежной отмели, или он появляется лишь временами в безледный сезон при ослаблении стокового течения.

В верхнем и среднем районах размыв берегов усиливается в периоды пропуска наибольших расходов воды через верхний гидроузел при условии высокого стояния уровня воды в водоеме. Наиболее неблагоприятная обстановка для устойчивости береговых склонов создается в многоводные годы в период половодья.

Для нижнего района характерно преобладание в размыве берегов воздействия ветровых волн; стоковое течение при благоприятных условиях может лишь несколько снижать аккумуляцию наносов на внешнем краю отмели. В связи с этим здесь формируются устойчивые прибрежные отмели, которым присуща более пологая поверхность и обычно четко отмечаемый в рельефе свал глубин, бровка которого располагается на глубине размывающего действия ветровых волн на дно.

Естественный процесс переработки и разрушения склонов, а также откосов подпорных сооружений ведет к спрямлению береговой линии за счет вдольберегового перемещения наносов

Объемы переработки – разрушения естественных берегов водохранилищах, сложенных в большинстве случаев несвязными песчаными грунтами достаточно велики и попадая в прибрежную зону под действием ветрового волнения и вдольбереговых течений, ледовых явлений перемещаются в виде потока наносов, аккумулируются, попадая в приемные ковши водозаборов, снижая производительность и затрудняя эксплуатацию последних (рис. 4).

Натурное обследование водохранилища позволило установить нарушения в работе водозабора, связанное с заилением и занесением песчаным материалом, в результате вдольберегового перемещения наносов в прибрежной зоне, образующегося в результате переработки берега (табл. 2).



Рис. 4. Вдольбереговое перемещение и аккумуляция продуктов абразии в прирезовой зоне

Таблица 2

Влияние потока наносов на эксплуатацию водозабора

Название водохранилища	Место расположения водозабора	Наличие переработки берега	Наличие потока наносов	Расчетный расход наносов Q_t , м ³ /мпог
Дрозды	Правый берег	+	+	1,51

Проведенные натурные исследования режима движения наносов в береговой зоне водохранилища позволили установить, что под воздействием ветрового волнения в прирезовой зоне за счет взвешивания частиц происходит естественная сортировка частиц по крупности и их дифференциация по неоднородности. Ширина зоны перемещения и сортировки наносов в условиях водохранилищ Беларуси составляет 2,0–5,0 м от границы уреза. Экспериментальные исследования в береговой зоне водохранилища Дрозды, выполненные при штормовых условиях (высота ветровой волны $h_{1\%} = 0,4–0,7$ м) с использованием наносоуловителей выявили наличие подвижного слоя наносов на поверхности отмели, что позволило получить зависимость для расчета расхода влекаемых наносов в прирезовой зоне.

По результатам натурных экспериментов построены характерные эпюры распределения продольного вдольберегового Q_x и поперечного Q_y расходов наносов и равнодействующие значения расходов потока наносов в виде векторов R_{xy} в каждой зоне ветрового волнения (рис. 5).

Экспериментально определена зависимость суммарного объема стока наносов (ΔQ_{st}), приведенная к единичной ширине береговой отмели (l_x):

$$\Delta Q_{st} = 0,137 \cdot 10^{-5} l_x (h_{1\%})^2 T n,$$

где $h_{1\%}$ – высота волны 1 % – ой обеспеченности, м; T – длительность безледного периода, сут; n – количество лет эксплуатации водохранилища.

Зависимость может быть использована при укрупненной оценке заносимости приемных колодцев водозаборных сооружений. Зависимость применима для расчетных высот волн до 0,70 м и несвязных песчаных грунтов крупностью частиц не более $d_{50} = 0,1$ см.

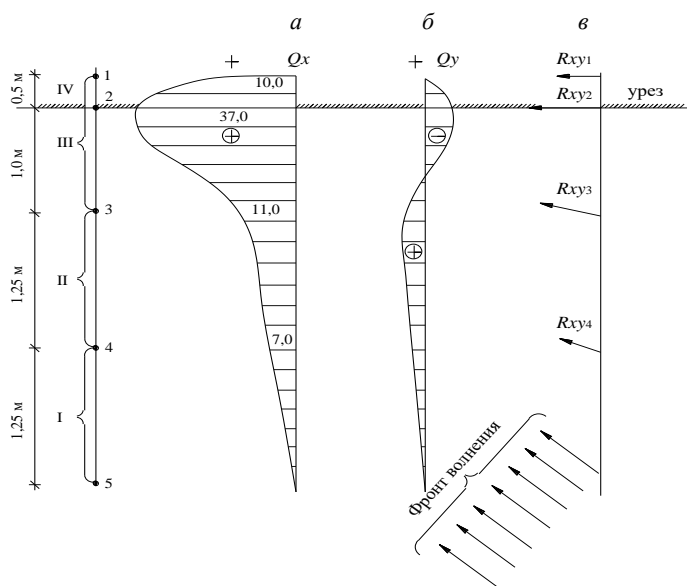


Рис. 5. Эпюры расходов наносов в береговой зоне водохранилища:
 а – вдольбереговая составляющая потока влекомых наносов;
 б – поперечная составляющая вдольберегового потока наносов;
 в – равнодействующие потока наносов в различных зонах волнения;
 1, 2, 3, 4, 5 – точка установки наносоуловителей;
 I, II, III, IV – зона волнения

Существующие водохранилищные водозаборы подвержены занесению вдольбереговым потоком наносов, образующимся при переработке берега ветровым волнением. Основными факторами и условиями развития береговых процессов можно объединить в несколько групп: климатические, геологические, гидрометеорологические, геоморфологические, биологические и условия, возникающие в связи с хозяйственной деятельностью человека. При этом значение песчаных наносов в процессе занесения водозаборов

намного более значимо в средней и приплотинной частях водохранилищ, когда как, в верховьях водоемов более значимым фактором, затрудняющим эксплуатацию водозабора, является зарастание водоема и образование донных органических отложений.

УДК 574+ 504 (576)

Экспресс-оценка воздействия водохранилищ Беларуси на прилегающие территории с помощью беспилотных летательных аппаратов

Левкевич В. Е.¹, Артемчик А. А.¹, Мильман В. А.², Решетник С. В.²

¹ Белорусский национальный технический университет,

² Объединенный институт проблем информатики (ОИПИ) НАН Беларуси
Минск, Республика Беларусь

Приведены некоторые результаты полевых исследований по оценке масштабов и ширины подтопления прибрежных территорий водохранилищ Беларуси и деформации-размыву берегов с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)

Создание водохранилищ оказывает значительное воздействие на прибрежные территории, что выражается в развитии различных негативных процессов. Например, гидродинамическое воздействие на берега (ветровое волнение, течения, колебания уровней, ледовые явления) вызывает развитие эрозионно-абразионных процессов [1]. Однако, наряду с процессами деформации береговой линии водохранилищ изменения гидрогеологических условий, обусловленных подпором подземных вод, подтоплением и заболачиванием прибрежных территорий.

Для экспресс-оценки подтопления территории в прибрежной зоне водохранилищ и разрушения – переработки берегов с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) был выбран ряд тестовых водохранилищ: Заславльское, Криницы, Дрозды, Волчковичское, Чижовское, Дубровское, а также водохранилище Витебской ГЭС. Водохранилища, на которых проводились экспериментальные исследования, имели различное регулирование, морфометрические характеристики, линейные размеры, срок эксплуатации и тип наполнения [1; 2].

При наполнении водохранилища, поднимающийся уровень водной поверхности оказывает значительное давление на водоносные горизонты в береговых склонах. Под действием гидростатического давления со стороны водоема сток (движение) подземных вод в подпертую реку прекращается.