

УДК 911.2:551.4

Е. А. КОЗЫРЕВА*, А. А. РЫБЧЕНКО*, А. Ш. ХАБИДОВ**, Е. А. ФЁДОРОВА**

*Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск

**Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул

ЭКЗОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ КРАСНОЯРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Рассмотрены экзогенные геологические процессы, развивающиеся в береговой зоне одного из крупнейших водохранилищ мира — Красноярского. Охарактеризованы как новые процессы, формирование которых произошло в результате трансформации геологической среды при создании искусственного водоема, так и унаследованные, существовавшие до его создания. Описана методика полевых исследований. Приведены данные современного состояния береговой зоны, дана качественная и количественная характеристика форм проявления процессов: абразии, оползней, обвалов, эрозионно-суффозионных и карстовых. Установлено, что абразия имеет наиболее широкое распространение на берегах водохранилища. Развитие карста отмечается в районе залива Бирюса, в северной части водоема. Выделены участки развития оползней, наиболее детально описаны оползни в районе заливов Толгат, Тесь и Ижкуль. Показано, что в средней и южной части водохранилища эрозия развивается нередко совместно с суффозионно-просадочным процессом. Эоловый процесс имеет незначительное распространение. Отмечено, что, несмотря на более чем 40-летнюю историю эксплуатации Красноярского водохранилища, стабилизации экзогенных геологических процессов не происходит.

Ключевые слова: искусственные водоемы, переработка берегов, гравитационные процессы, оползни, осыпи, эрозия, суффозия, карст.

We examine the exogenous geological processes occurring in the coastal zone of one of the world's largest reservoirs, the Krasnoyarsk reservoir. We outline the new processes resulting from the transformation of the geological environment caused by the construction of the artificial water body as well as the inherited processes existing prior to its construction. We describe the technique used in field investigations, and the results obtained. We provide data on the present state of the coastal zone and give a qualitative and quantitative characteristic of the forms of manifestation of the processes: abrasion, landslides, rock falls, and erosion-suffusion and karsting. It is found that abrasion is of the most widespread occurrence on the shores of the reservoir. Karsting is observed in the area of the Biryusa Bay, in the northern part of the water body. Areas affected by landslides are identified, and the landslides in the area of the Tolgat, Tes' and Izhul' Bays are described in detail. It is shown that erosion develops more frequently together with the suffusion-subsidence process in the middle and southern parts of the reservoir. The aeolian process is of minor occurrence. It is pointed out that no stabilization of the exogenous geological processes has been recorded, in spite of more than 40 years of operation of the Krasnoyarsk reservoir.

Keywords: artificial water bodies, shore reconfiguration, gravity processes, landslides, taluses, erosion, suffusion, karst.

ВВЕДЕНИЕ

Красноярское водохранилище речного типа относится по объему воды (73,3 км³) к крупнейшим водохранилищам [1]. Протяженность его береговой линии 2560 км, амплитуда колебания — 18 м [2].

После ввода водохранилища в эксплуатацию прошло уже несколько десятилетий, период заполнения пришелся на 1967–1970 гг. Создание крупного водоема на территории Сибири в сложных инженерно-геологических условиях привело к масштабным трансформациям геологической среды, которые происходят с момента заполнения водохранилища по настоящее время. Реакция среды на стремительное преобразование естественного геолого-геоморфологического пространства выразилась в возникновении и активизации экзогенных геологических процессов (ЭГП), которые продолжают и на современном этапе эксплуатации водоема. В зависимости от сочетания природных условий и техногенных факторов ЭГП приобретают различную динамику, масштабы, механизмы и формы проявления. Особенно активно они развиваются в береговой зоне эксплуатируемого искусственного водоема.

Длительный этап промышленной эксплуатации технического объекта сопровождается не столь масштабными проявлениями береговых процессов, однако он характеризуется устойчиво сохраняющейся динамикой развития ЭГП, обозначившихся в первые годы. Более того, несмотря на уменьшение скорости переработки, отмечается увеличение доли размываемых берегов [3, 4]. Поэтому свое-

временная и объективная оценка состояния береговых массивов водохранилища на современном этапе необходима для дальнейшего анализа направленности трансформации геологической среды в целях устойчивого и рационального природопользования, а также для принятия эффективных управленческих решений.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

В период наполнения и в первые годы эксплуатации водохранилища (1970–1980 гг.) выполнялись специализированные наблюдения за развитием береговых процессов, скоростью переработки берега и формированием донных отложений [5], проводилось прогнозирование переработки берега вновь создаваемого водохранилища [6]. Далее, в 1990-е гг., при плановой эксплуатации водохранилища велись наблюдения за изменениями геологической среды, связанными с развитием и возникновением форм проявления экзогенных процессов на локальных участках, однако они носили нерегулярный характер.

В 2013 г. выполнено комплексное обследование береговой зоны Красноярского водохранилища от плотины ГЭС до г. Абакана, включая зону выклинивания и крупные заливы Сыда, Туба, Бирюса и др. Экспедиционные исследования осуществлялись сотрудниками Института земной коры СО РАН и Института водных и экологических проблем СО РАН в рамках научно-исследовательской работы «Исследование морфометрических характеристик Красноярского водохранилища и разработка научно обоснованных рекомендаций по предупреждению вредного воздействия вод на его берега». При этом использовались различные плавсредства, исследовались места наиболее крупных выявленных деформаций, выполнялись специальные пешие маршруты. Работы были направлены на выявление масштабов и пространственного положения форм экзогенных геологических процессов в береговой зоне, осложняющих эксплуатацию водохранилища.

В ходе маршрутов осуществлялись общие рекогносцировочные обследования, детальные инженерно-геологические работы, GPS-съемка с привязкой элементов, в отдельных районах проводилось лазерное сканирование. Для участков развития оползней, обвалов, осыпей, ярко выраженных суффозионных провалов составлялись карты-схемы с детальным описанием, измерением форм проявления процесса на дневной поверхности. В местах с активным развитием экзогенных процессов проводился отбор образцов грунта. Определение физико-механических свойств, разновидностей грунта и анализ состояния выполнены в лаборатории инженерной геологии и геоэкологии Института земной коры СО РАН по методу «Микроструктура» с тремя способами пробоподготовки [7].

Красноярское водохранилище — водоем многолетнего регулирования. Амплитуда колебания уровня водохранилища составляет 18 м. Этот факт позволил выявить определяющую роль подземных вод в формировании и проявлении экзогенных геологических процессов: оползней, провалов, суффозии [8]. За долгий период существования водоема и проводимых разнонаправленных инженерно-геологических работ накоплен значительный фактический материал о состоянии геологической среды, в том числе о развитии ЭГП. Основные участки образования катастрофических деформаций в период наполнения и первый этап эксплуатации водохранилища описаны в работах [4, 9].

В настоящее время в местах развития современных крупных оползневых деформаций Федеральным государственным бюджетным учреждением «Управление эксплуатации Красноярского водохранилища» (ФГУ «УЭКВ») организована наблюдательная сеть, с помощью которой ведется регулярный мониторинг за развитием процесса.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При строительстве Красноярской ГЭС и наполнении водохранилища произошла трансформация природных условий, в результате чего сформировалась особая, отличная от исходной, инженерно-геологическая обстановка. В региональном плане стали превалировать природные явления, связанные с перестройкой геолого-геоморфологических условий на территориях, прилегающих к водохранилищу. Среди основных региональных ЭГП преобладает абразия — техногенно приобретенный процесс, не свойственный ранее данной территории, возникший после создания водохранилища. Другие типы процессов — выветривание, эрозия, карст, суффозия, оползни, обвалы, осыпи — представляют собой унаследованные, развивавшиеся в исследуемом районе с определенной динамикой и до создания водохранилища.

Абразионный процесс — самый распространенный на берегах водохранилищ. В разной степени размыву подвержены берега основной акватории Красноярского водохранилища, средние и нижние (устьевые) части крупных заливов (рис. 1).

Абразия наблюдается на большей части береговой линии, процесс переработки происходит как в рыхлых, так и в коренных породах. В первую очередь на величину размыва влияют состав и свойства пород берегового массива. Максимальной абразии подвержены рыхлые четвертичные образования. Так, на участке Куртак, сложенном легким суглинком, за период с 1967 по 1990 г. размыв берега составил 462 м [10]. Учитывая амплитуду колебаний уровня Красноярского водохранилища и его уровень на момент наблюдений (от 236,76 м 14.06.2013 г. до 239,24 м 26.06.2013 г.), динамика процесса переработки на участке не характеризуется снижением. Высота образующегося при активном абразионном размыве вертикального уступа — клифа — изменяется от нескольких десятков сантиметров до 35 м. На других участках, сложенных рыхлым материалом, при таком режиме формируются вторичные абразионные уступы с максимальной высотой около 2 м. Развитие вторичного уступа происходит в осушенных аккумулятивных формах, образовавшихся при более высоком уровне воды. При последующем повышении уровня процесс переработки как подводной, так и надводной части склона продолжится.

В облике профиля типично абразионного берега всегда отмечается активный клиф, пляжи различной ширины, довольно узкие отмели и прислоненные подводные аккумулятивные террасы. На некоторых участках размывы образуют волноприбойные ниши и сопровождаются активизацией гравиационных процессов.

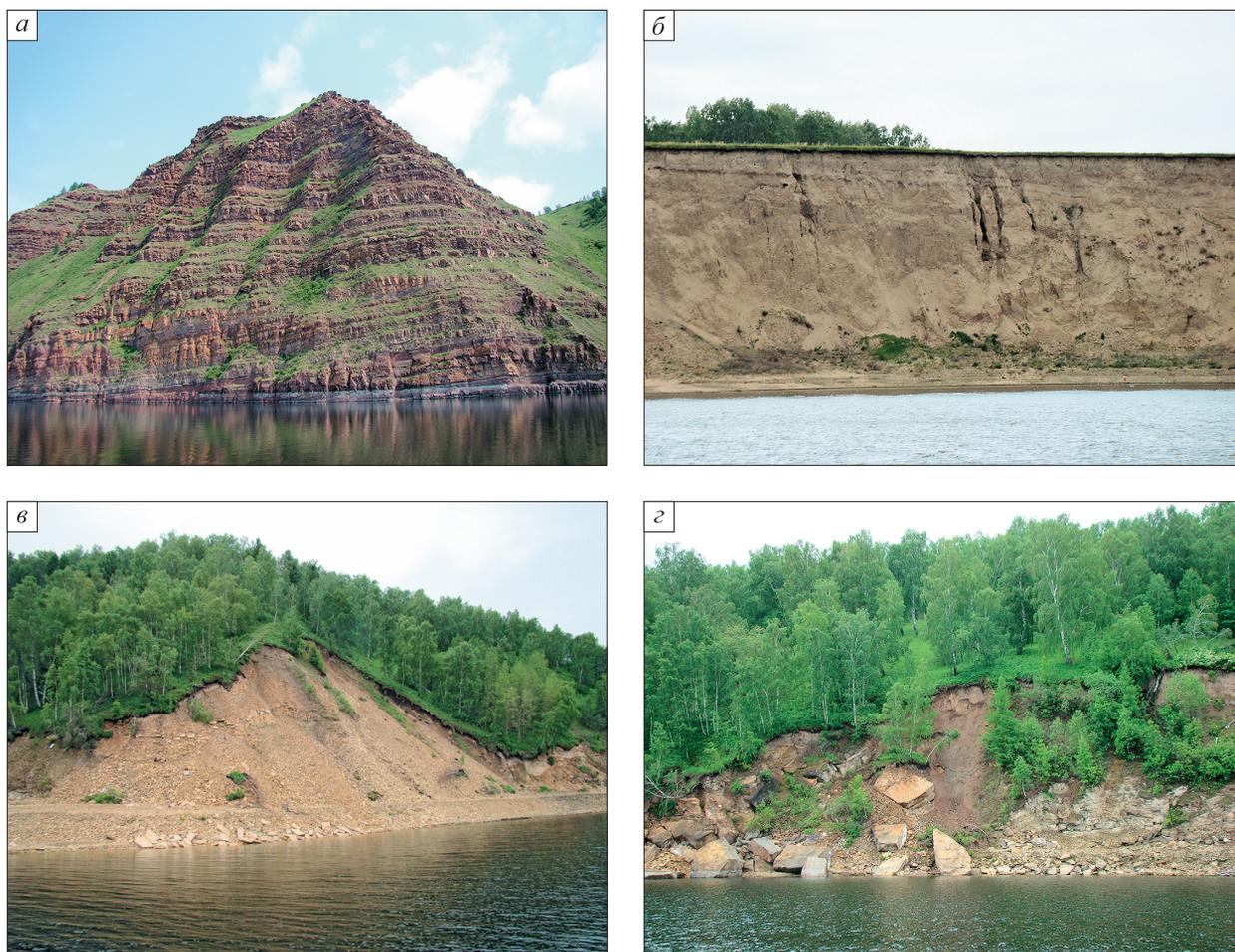


Рис. 1. Абразионные берега Красноярского водохранилища.

а — неразмываемые; *б* — абразионные; *в* — абразионно-осыпные; *г* — абразионно-обвальные.

Береговые склоны, развивающиеся в коренных отложениях, представленных магматическими, метаморфическими и осадочными породами с высокими показателями прочности, практически неразмываемы. Берега сохраняют унаследованные очертания структурно-тектонических элементов: плоскостей трещиноватости, разломной тектоники, зон дробления и т. д. Устойчивость в клифе этих горных пород определяется степенью их метаморфизма, литификации и раздробленности. Интенсивная раздробленность массива, трещиноватые зоны, контакты пород разного состава уменьшают устойчивость склона и повышают склонность к потенциальному разрушению. На таких участках происходит дополнительная деформация клифа за счет осыпей и обвалов. По классификации Ю. Д. Шуйского и Г. А. Семионовой [11], основанной на степени сопротивляемости пород абразии, например, кристаллические сланцы и мраморы относятся к I–II классам с возможной скоростью абразии клифа до 1 см/год.

Профиль устойчивых, неразмываемых берегов Красноярского водохранилища имеет вертикальную, субвертикальную или крутонаклоненную стенку клифа, приглубый подводный склон, узкий пляж, зачастую пляж отсутствует.

Карстовый процесс. Карстовые явления широко представлены в северной части Красноярского водохранилища, в заливе Бирюса, где распространены карстующиеся горные породы — известняки и доломиты кембрия. Формирование карстового рельефа здесь обусловлено унаследованными от прежних геологических эпох формами. На берегах встречаются гроты, пещеры, ниши, каверны и т. д. — следы некогда активного карстового процесса. Непосредственно в зоне воздействия вод водохранилища расположен ряд карстовых пещер, частично затопленных, которые приурочены к единой региональной системе трещиноватости. В районе крупных карстовых полостей отмечены трещинные зоны с разгрузкой вод, вертикальные сифоны и каверны. Купольные своды полостей отражают напорный генезис образования карстовых форм. Массивы интенсивно обводнены, обнаженные склоны «сочатся», происходит разгрузка поверхностных вод, отдельные трещины «залечены» кальцитом, встречаются единичные натечные формы. Высота свода в одной из карстовых пещер залива Бирюса достигает 7 м. Вход в пещеру частично затоплен, далее карстовые полости и ходы разветвляются. Измеренная ширина проникновения одного из карстовых ходов в глубь массива достигала 42 м, дальше наблюдалась ледяная пробка; глубина — около 14 м. Карстовые ходы покрыты ледяными сталактитами и сталагмитами, в отдельных местах обнаружены колонны льда.

Современная активность карбонатного карста (доломиты, известняки) незначительна. Циклические колебания уровня воды (повышение и снижение, попеременное осушение—обводнение) способствуют активизации и развитию карстового процесса в глубине горного массива. В итоге присутствие унаследованного карста с хорошо разработанными трещинами и наличием ходов, кавернозность массива, его пустотность представляют природную опасность данной территории, что следует учитывать при освоении и последующем использовании закарстованных массивов побережья.

Гравитационные процессы. *Оползневые процессы* на берегах Красноярского водохранилища распространены локально, развиваются как в рыхлых отложениях, так и в коренных породах. Активизация оползней на берегах Красноярского водохранилища вызвана глобальной перестройкой геолого-геоморфологических, гидрогеологических условий прилегающих массивов и непрерывно действующим техногенным фактором — эксплуатационными колебаниями уровня воды в водохранилище. Механическая абразионная подрезка склона, попеременное увлажнение—осушение, физико-химическое разупрочнение горных пород — в совокупности все эти факторы приводят к формированию ослабленных зон, где зарождаются плоскости смещения и генерируется механизм оползневых деформаций. Мощности смещающихся масс различны: от неглубоких поверхностных оползней в однородных рыхлых породах до смещения крупных блоков коренных горных пород с мощностью захвата 40 м и более. Оползневые цирки отмечены в районе заливов Каменка, Толгат, Ижуль, Тесь, между заливами Кома и Гляденский, Комужа и Черемушки.

В рыхлых отложениях оползни имеют более широкое распространение, чем в коренных. Их размеры, формы и механизмы различны: от небольших одиночных цирков до крупных ступенчатых деформаций протяженностью несколько сотен метров. На берегах водохранилища отмечены разные виды оползней: оползни-потоки переувлажненного материала, оползни соскальзывания, срывы, осывы, оползни отседания. На некоторых участках смещение рыхлых грунтов происходит по наклонной кровле коренных пород (рис. 2).

Типичным примером оползней, развивающихся в рыхлых отложениях — супесях и суглинках, служит участок побережья в районе залива Толгат. Деформации представляют собой ряд оползневых ступеней площадью 100 тыс. м² на побережье основной акватории водохранилища общей протяжен-



Рис. 2. Оползневый участок в районе залива Комужа.

1 — первый оползневый блок; 2 — второй оползневый блок; 3 — отдельные оползневые ступени; 4 — оползень-поток; 5 — стенка срыва основных блоков; 6 — стенка срыва отдельных ступеней; 7 — трещины разрыва; 8 — водоем; 9 — эрозионная форма; 10 — воронка; 11 — абразионный уступ; 12 — осушенная отмель; 13 — выход грунтовых вод; 14 — дорога; 15 — пашни; 16 — лес.

ностью более 700 м. Склон залесен, высота около 50 м, уклон достигает 60°. По склону закалываются и смещаются оползневые блоки шириной 30 м, протяженностью до 200 м со следующими признаками активного развития: дерновый покров на многих участках разорван трещинами, видны ступенчатость, бугристость, наплывины и другие микроформы оползневого рельефа. В районе залива Ижуль (пос. Куртак) в суглинках и супесях оползневым деформациям подвержены два участка протяженностью 364 и 286 м соответственно, захват в глубь склона чуть более 100 м (рис. 3, а).

Породы осадочного генезиса представляют собой среду развития оползневых деформаций в коренных породах. В районе залива Тесь наблюдается блочный оползень медленной глубинной ползучести (см. рис. 3, б). Среда его развития составляют переслаивающиеся известняки, песчаники и алевролиты. Протяженность уступа около 400 м, высота достигает 40 м. Блоки коренных пород шириной 8–15 м медленно отседают и смещаются в сторону водохранилища. На дневной поверхности образуются рвы шириной до 2,5 м и глубиной до 8 м. Оползневый процесс находится в стадии активного развития. Как правило, оползни глубинной ползучести в сибирских условиях имеют скорость смещения несколько сантиметров в год, что предопределяется скоростью дезинтеграции горных пород в основании оползневых блоков и формированием глинистого материала, способного к пластическим деформациям. Например, на Братском водохранилище скорость смещения оползней блочного типа глубинной ползучести не превышает 3–5 см/год [4].

Осыпи, обвалы — достаточно частое явление на берегах Красноярского водохранилища. Осыпи образуются на крутых обнаженных уступах как в коренных, так и в рыхлых породах. Состав обвально-осыпного материала преимущественно щебнисто-глыбовый, встречаются отдельные блоки более 1 м в поперечнике. Крутизна шлейфов и конусов осыпных накоплений составляет 32–33° для песчаных,

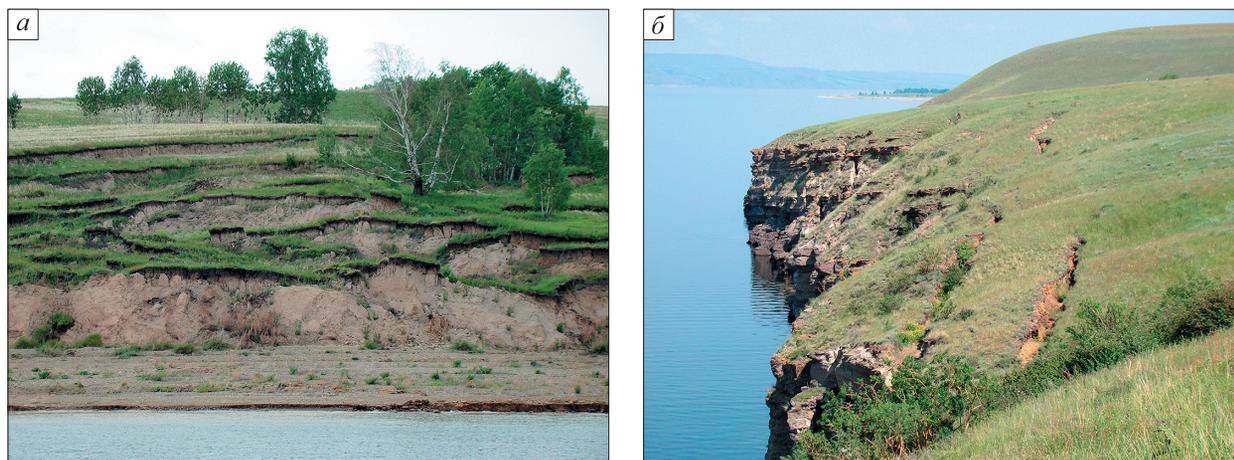


Рис. 3. Оползни на берегах Красноярского водохранилища.

а — в рыхлых породах залива Ижкуль; *б* — в коренных породах залива Тесь.

32–36° для мелкощебнистых и 38–40° для крупнощебнистых осыпей [5]. Волновая деятельность приводит к подмыву основания осыпей и, как следствие, к потере их устойчивости. В результате осыпания оголяется верхняя часть массива, открывая агентам выветривания доступ к проникновению в горные породы и способствуя его дальнейшему разрушению. В смещения могут быть вовлечены сотни кубических метров рыхлого материала.

Одним из примеров развития осыпей на берегах Красноярского водохранилища является участок в районе горы Дорожкеево. Склон высотой 120 м сложен переслаивающимися песчаниками, алевролитами, известняками и мергелями каменноугольного возраста. Крупная действующая осыпь протяженностью около 180 м перекрывает склон на высоту 70–80 м, уклон 42–45°. Осыпь постоянно обновляется, на поверхности зафиксированы свежие «прочесы», крупные лотки глубиной до 1 м и шириной до 1,5 м. Материал осыпи не закреплен, подвижен, по размеру варьирует от песчаного заполнителя до щебнистого (0,2 × 0,15 м). Пляж отсутствует, основание конусов осыпных накоплений перерабатывается водами водохранилища.

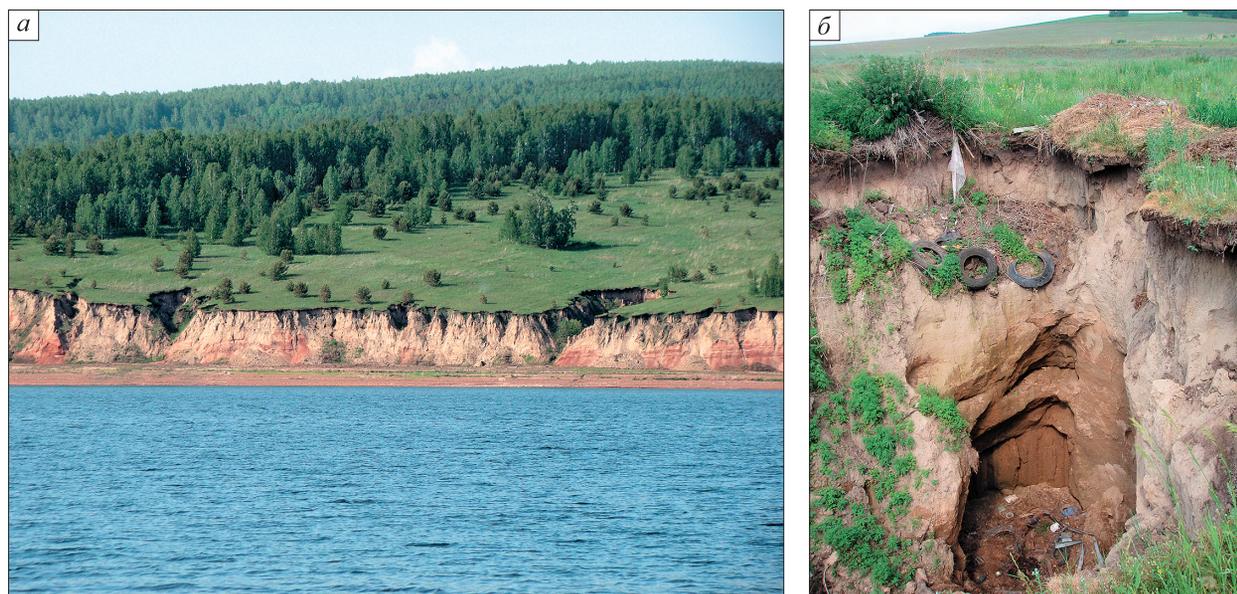


Рис. 4. Эрозия на берегах Красноярского водохранилища.

а — эрозионные формы в береговой зоне; *б* — овраг.

Эрозионными и суффозионно-просадочными процессами охвачены в основном прибрежные территории центральной и южной частей водохранилища и заливов (рис. 4). Проявления этих процессов отмечаются в местах распространения значительных толщ покровных отложений кайнозойского возраста, мощность которых достигает 40 м. В большинстве случаев это песчано-глинистые грунты со значительной примесью лёссов элювиально-делювиального и озерно-аллювиального генезиса. Грунты преимущественно макропористые, пылеватые, проявляют просадочные свойства и довольно высокую размываемость водой. Существующие грунтовые и климатические условия благоприятны для развития эрозии. Формирование оврагов происходит в прибрежной зоне. Активные овраги достигают длины 170 м, ширины около 30 м, глубины более 10 м, большинство форм осложнено просадочными процессами, из-за чего эрозионные образования имеют округлые вершины.

Суффозионно-просадочные процессы развиваются при концентрации поверхностных вод, а также вследствие эксплуатационных изменений уровня воды в Красноярском водохранилище. Изменение гравитационного потока подземных вод способствует суффозионному выносу песчаного материала с формированием на поверхности воронок диаметром до 50 м [8]. В 2013 г. в районе устья залива Сыда в облессованных суглинках были зафиксированы воронки глубиной от 2,4 до 8 м и диаметром от первых метров до 35 м.

Эоловый процесс. Современные эоловые формы рельефа обнаружены на правом берегу южной части основной акватории Красноярского водохранилища. Современной деятельностью эоловых процессов затронуты песчаные массивы речных террас, которые при наполнении водоема оказались частично затоплены. При снижении уровня воды в водохранилище до низких проектных отметок песчаные массивы осушаются, и слагающий их материал приобретает способность к перемещению под воздействием ветров. Пески с широкой осушенной отмели выносятся на пляж, создавая специфические эоловые формы: эоловые подушки, отдельные гряды, небольшие дюны до 1,5 м. В редких случаях ветровые потоки могут переносить песчаный субстрат на гипсометрические уровни, превышающие положение бровки берегового уступа, формируя на прилегающих к водохранилищу территориях маломощный песчаный покров. Современные эоловые процессы имеют локальное распространение и не угрожают захватом прилегающим территориям: поставка материала ограничена зоной осушки и скорость потока ветра затухает в пределах пляжной зоны. Отдельные участки искусственно закреплены растительными насаждениями.

Аккумулятивный процесс. Аккумулятивные берега, в формировании которых участвуют процессы волновой природы и(или) флювиальные процессы, не имеют широкого распространения в зоне Красноярского водохранилища. Только на нескольких небольших участках отмечены такие аккумулятивные формы рельефа, как банки, подводные валы, пляжи, косы и пересыпи. В устьях рек с конусами выноса зафиксирован аккумулятивно-эрозионный тип берега, где происходит чередование аккумулятивных форм с конусами выноса речной эрозии.

ВЫВОДЫ

В ходе научно-исследовательских работ были установлены формы проявлений береговых экзогенных процессов, картографированы фактические границы и местоположение проблемных участков, выявлены механизмы деформаций. Значительная часть берегов основной акватории и крупных заливов подвержена интенсивной абразионной переработке, что сопровождается развитием сопутствующих ЭГП. Экзогенные геологические процессы характеризуются достаточно высокой активностью на современном этапе формирования береговой линии, проявляясь в виде обновленных абразионных уступов, просадок в основании клифа, возникновения и развития крупных оползней, обвалов, осыпей и др.

Как и на других естественных и искусственных водоемах, на Красноярском водохранилище наиболее интенсивно разрушаются берега, сложенные рыхлыми отложениями и слабосцементированными горными породами. Это касается как собственно абразионных берегов, в частности сложенных выветрелыми коренными породами, так и берегов с размывом продуктов развития склоновых процессов (оползней, осыпей, обвалов). Установлено, что абразия превалирует в группе процессов волнового характера. Берега, состоящие из облессованных супесей и суглинков, кроме слабой устойчивости к абразии, подвержены развитию эрозионных и суффозионно-просадочных процессов.

На берегах Красноярского водохранилища широко распространены оползневые процессы. Оползни находятся в разной степени активности и на разных стадиях подготовки и реализации процесса. Зафиксированы оползневые участки в стабилизированном состоянии, участки древних оползней.

Выделены оползни различных типов и видов, захватывающие значительные по объему массы грунта и поражающие деформациями внушительные площади. На отдельных оползневых участках ведутся мониторинговые наблюдения за динамикой процесса и состоянием берегового склона.

В результате анализа развития экзогенных геологических процессов береговой зоны Красноярского водохранилища определены наиболее активно развивающиеся современные процессы: абразия, оползни, эрозия. Установлены площади и пространственное положение участков проявления оползневых процессов, крупных осыпей, выделены районы побережья, охваченные активным эрозионно-суффозионным процессом, склоны с эоловой переработкой и другие участки, на которых развиваются негативные геологические процессы. Вследствие совместного проявления экзогенных процессов в береговой зоне продолжается перестройка берегового склона, переформирование подводной аккумулятивной трассы, снос рыхлого материала в водоем и накопление донных осадков.

На современном этапе развития берега Красноярского водохранилища по-прежнему находятся в неустойчивом состоянии. За более чем 40-летний период существования водоема береговые зоны не пришли в стабильное состояние, причиной чего являются применяемые эксплуатационные колебания уровня воды водохранилища в годовом и многолетнем плане.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вуглинский В. С. Водные ресурсы и водный баланс крупных водохранилищ СССР. — Л.: Гидрометеиздат, 1991. — 223 с.
2. Правила использования водных ресурсов водохранилищ Енисейского каскада ГЭС (Саяно-Шушенская, Майнская и Красноярская). — СПб.: РАО «ЕЭС России» АО Ленгидропроект, 1996. — 83 с.
3. Назаров Н. Н. Переработка берегов равнинных водохранилищ России на современной стадии развития (конец XX в. — начало XXI в.) // География и природ. ресурсы. — 2006. — № 4. — С. 12–19.
4. Овчинников Г. И., Павлов С. Х., Тржцинский Ю. Б. Изменение геологической среды в зонах влияния Ангаро-Енисейских водохранилищ. — Новосибирск: Наука, 1999. — 250 с.
5. Формирование берегов Красноярского водохранилища / Под ред. В. М. Широкова. — Новосибирск: Наука, 1974. — 234 с.
6. Каскевич Л. Н., Савкин А. М. Прогноз переработки берегов Красноярского водохранилища // Водные ресурсы и водное хозяйство Сибири. — Новосибирск: Наука, 1968. — С. 30–37.
7. Макаров С. А., Рященко Т. Г., Акулова В. В. Геоэкологический анализ территорий распространения природно-техногенных процессов в неоген-четвертичных отложениях Прибайкалья. — Новосибирск: Наука, 2000. — 160 с.
8. Кусковский В. С. Эколого-гидрогеологические особенности водохранилищ Енисейского каскада ГЭС // Сиб. экол. журн. — 2000. — № 2. — С. 215–223.
9. Савкин В. М. Водохранилища Сибири. Водно-экологические и водно-хозяйственные последствия их создания // Сиб. экол. журн. — 2000. — № 2. — С. 109–121.
10. Кусковский В. С. Закономерности изменения геологической среды в береговой зоне глубоководных водохранилищ Алтае-Саянской области: Автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. — Новосибирск, 1996. — 56 с.
11. Шуйский Ю. Д. Проблемы исследования баланса наносов в береговой зоне морей. — Л.: Гидрометеиздат, 1986. — 240 с.

Поступила в редакцию 16 апреля 2014 г.