УДК 504+551.3 (571.52)

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ШАГОНАРСКОГО ПЛЁСА САЯНО-ШУШЕНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Кальная О.И., Аюнова О.Д.

ФГБУН «Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов» Сибирского отделения Российской академии наук, Кызыл, e-mail: tikopr@mail.ru

В статье рассматриваются особенности функционирования Шагонарского плёса Саяно-Шушенского водохранилища, расположенного в пределах Улуг-Хемской котловины на территории Тувы. Характеризуются изменения окружающей среды, произошедшие в результате эксплуатации водоема: трансформация химического состава и бактериологического состояния вод, активизация унаследованных и возникновение новых природно-антропогенных экзогенных геологических процессов, видоизменение ландшафтов как в пределах затапливаемой, так и прилегающей территории и др. Комплексная оценка геоэкологического состояния Шагонарского плёса Саяно-Шушенского водохранилища и прилегающей территории впервые позволила выделить зоны по характеру, степени и пространственной направленности природно-техногенных процессов, которые зависят от условий наполнения и сработки водоема. В пределах Шагонарского плёса экологическая обстановка далека от стабилизации и требует проведения мониторинговых работ на данном объекте.

Ключевые слова: Саяно-Шушенское водохранилище, Шагонарский плёс, гидрологический режим, гидрохимические условия, экзогенные геологические процессы, зоны влияния плёса на окружающую среду

FUNCTIONING FEATURES OF THE SHAGONAR POOL OF THE SAYANO-SHUSHENSKY WATER RESERVOIR AND ITS IMPACT ON THE ENVIRONMENTAL STATE

Kalnaya O.I., Ayunova O.D.

Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of Siberian branch of the Russian Academy of Sciences, Kyzyl, e-mail: tikopr@mail.ru

The paper considers the features of the Shagonar pool of the Sayano-Shushensk water reservoir, which is located within the Ulug-Khem hollow on the territory of Tuva. The paper describes environmental changes resulted from exploitation of the basin: transformation of chemical and bacteriological parameters of water, activation of inherited and new natural-anthropogenic exogenous geologic processes, landscapes transformation within both the flooded and immediate areas and etc. An integrated assessment of geo-ecological state of the Shagonar basin of the Sayano-Shushensk water reservoir and surrounding territories allowed to distinguish for the first time the scheme of zonation according to the character, intensity, and direction of natural-technogenic processes, which depend on conditions of the reservoir operating. Ecological situation within the Shagonar basin is far from the stabilization and requires monitoring activities at the mentioned area.

Keywords: Sayano-Shushensk reservoir, Shagonar pool, hydrological regime, hydrochemistry, exogenous geologic processes, environmental impact zones of the pool

Водные ресурсы являются одним из главных природных богатств Сибири, рациональное и научно обоснованное использование которых представляет собой важную задачу при решении различных социально-экономических проблем. Увеличению темпов и расширению возможностей использования водных ресурсов в различных отраслях хозяйственной деятельности способствует создание водохранилищ. Необходимость и целесообразность строительства водохранилищ не вызывает сомнения. Наряду с этим создание и эксплуатация искусственно созданных водоемов приводит к значительной трансформации окружающей природной среды, возникновению различных геоэкологических проблем, требующих тщательного изучения.

Примером этому может служить Саяно-Шушенское водохранилище, одно из крупнейших в стране, которое создавалось главным образом для решения энергетических проблем Приенисейской Сибири. Наряду с получением значительного количества электроэнергии и решением вопроса энергоснабжения создание водохранилища вызвало целый ряд экологических последствий. В частности, Шагонарский плёс Саяно-Шушенского водохранилища, являющийся так называемой «хвостовой» частью водоема, значительно повлиял на природные условия прилегающей территории. В результате его функционирования произошли ландшафтные изменения, активизировались унаследованные и возникли новые при-

родно-антропогенные экзогенные геологические процессы.

Целью исследования являлась комплексная оценка геоэкологического состояния Шагонарского плёса Саяно-Шушенского водохранилища и его зоны влияния, возникшей за период эксплуатации водоема.

Материал и методы исследования

Саяно-Шушенское водохранилище в соответствии с классификациями [1], по генезису – долинное, по географическому положению – горное, по конфигурации – сложной формы, по объему и площади – очень крупное, по глубине – очень глубокое, по характеру регулирования стока – сезонное (годичного регулирования поступающего стока) с очень большой сработкой. Большей своей частью водохранилище расположено в горной системе Западного Саяна, и лишь его озеровидное расширение, или Шагонарский плёс, приходится на Улуг-Хемскую котловину, где занимает понижение между южными склонами Куртушибинского хребта и северными склонами хребта Западный Танну-Ола (рис. 1).

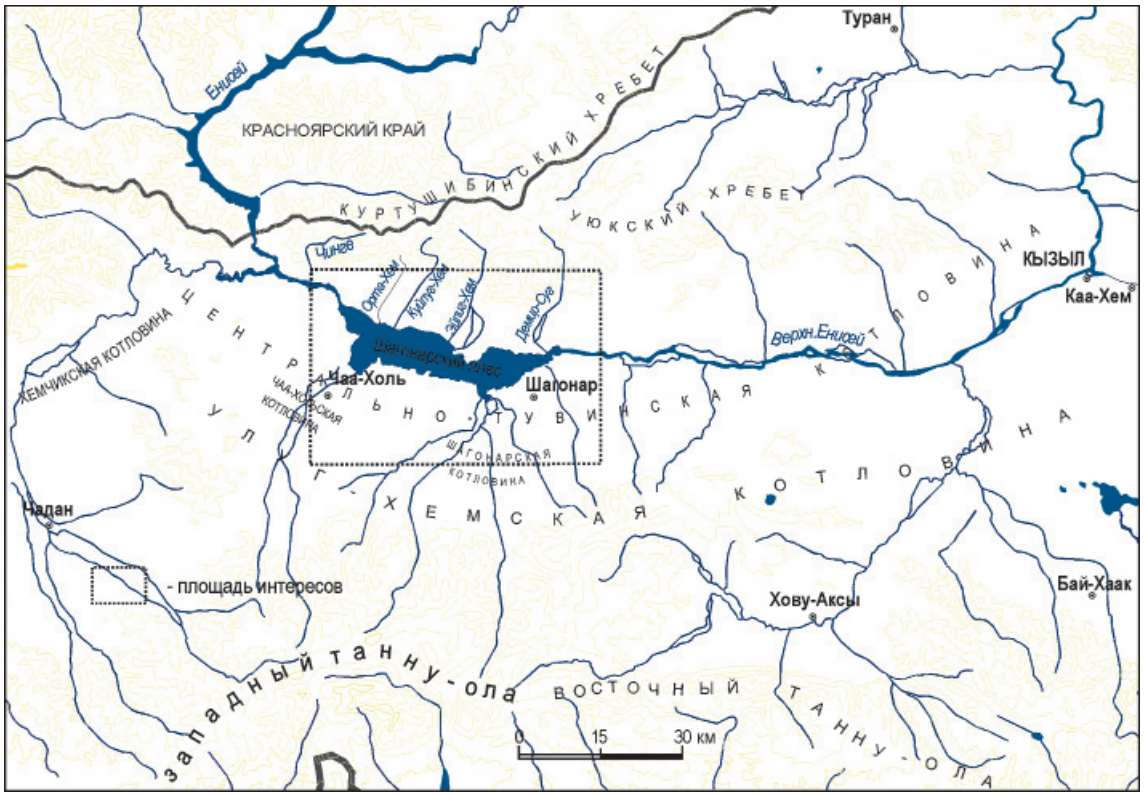

Рис. 1. Схема расположения Шагонарского плёса Саяно-Шушенского водохранилища

Морфометрические особенности Шагонарского плёса определяются геоморфологическими условиями, которые существовали до создания водоема. Геоморфология района, в свою очередь, отражает геологическое развитие площади. В неогене территория, выровненная мезо-кайнозойскими процессами денудации, испытала неравномерные блоковые вертикальные движения, приведшие к образованию сложных систем сводовых поднятий и опусканий, оживлению старых и заложению новых разломов. К эоплейстоцену приурочена основная фаза кайнозойского орогенеза для всей горной области юга Сибири. Интенсивные тектонические движения привели к образованию структуры прогибания – Тувинской, ограниченной по разломам субширотного простирания крупными блоковыми структурами поднятий: с севера – Западно-Саянской, с юга – Западно-Таннуольской (рис. 2).

С 2005 по 2011 гг. авторами проводилось комплексное обследование района водохранилища с регулярными выездами на полевые работы. В пределах Шагонарского плёса комплекс исследований включал следующие виды работ:

- изучение гидрохимического состава и бактериологического состояния вод водохранилища и его притоков;
- инженерно-геологическое изучение современных экзогенных геологических процессов (ЭГП), в том числе абразионных;
- инструментальное определение степени активности абразионных процессов на обвально-осыпном участке Куйлуг-Хем.

Всего было отобрано 68 проб воды на определение гидрохимического состава вод водохранилища и притоков и 20 – на определение бактериологического состояния водоема.

Химико-аналитические работы проводились в аттестованной лаборатории ОАО «Тувинская ГРЭ» по стандартным методикам [2, 3, 4, 13]. В гидрохимических пробах воды определялись СХА, тяжелые металлы, загрязняющие компоненты техногенного характера.

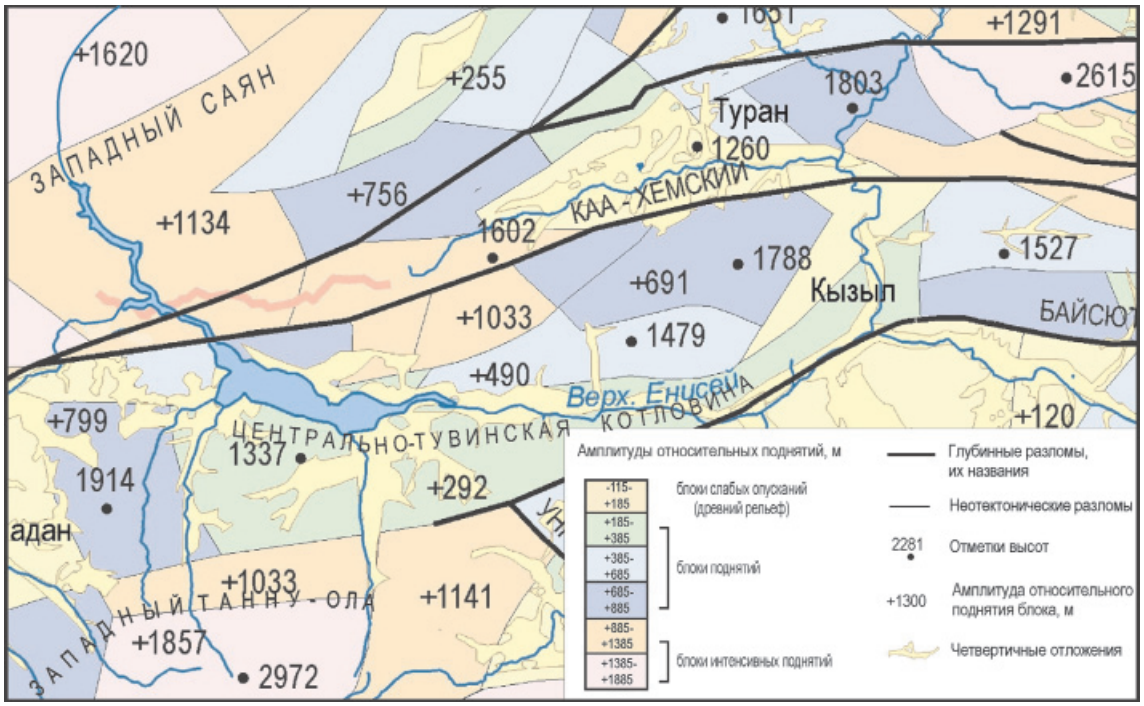

Рис. 2. Двумерная разломно-блоковая модель изучаемого района (по Прудникову С.Г.)

Бактериологические исследования выполнялись в лаборатории федерального государственного учреждения здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Тыва» и в Федеральном государственном учреждении здравоохранения «Тувинская противочумная станция» Роспотребнадзора. Бактериологический анализ включал определение общего микробного числа, общих колиформных, термотолерантных колиформных бактерий, колифагов. В ряде проб также определялись энтерококки, споры сульфитредуцирующих клостридий, эмбрионы особо опасных инфекций – холеры и сибирской язвы в соответствии со стандартными методиками.

Полученные результаты обрабатывались в соответствии с [10], требованиями [12].

Современные экзогенные геологические процессы (абразия, заболачивание берегов, засоление грунтов, эоловые явления, выветривание коренных пород в полосе осушки) изучались в соответствии с методикой, изложенной в работах [9, 14, 15], в ходе проведения наземных и водных инженерно-геологических маршрутов с применением традиционных методов визуального наблюдения, картографированием, фиксированием наблюдаемых процессов в полевом дневнике и определением их координат с помощью GPS, фотографической документацией. Полевые исследования проводились как в период наполнения, так и в период полной сработки водоема при осушенном ложе водохранилища. Выделение типов берегов по характеру абразии проводилось с использованием материалов, освещенных в работах [7, 11].

На обвально-осыпном участке Куйлуг-Хем, расположенном на правом берегу водохранилища выше устья р. Куйлуг-Хем, проводились наземные топографо-геодезические работы с целью определения скорости отступания абразионного берега и выявления объема обрушаемых пород. Для работ использовались геодезические репера, имеющие планово-высотную привязку. В ходе работ в 2009 и 2011 гг. выполнена тахеометрическая съемка верхней бровки берегового уступа на участке протяженностью 5,0 км. С использованием результатов работ предыдущих исследований [8] подсчитан объем обрушенных пород за период с 2004 по 2009 гг., а также за период с 2009 по 2011 гг. Выявлена динамика обрушения берегов в период с 2004 по 2011 гг.

Графическая интерпретация и оформление данных осуществлялись с использованием пакета программ ArcGis 9, CorelDraw 15, PhotoShop 8.0.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе проведенных работ были выявлены особенности гидрологического режима Шагонарского плёса водохранилища, изучены гидрохимическое и бактериологическое состояние водоема, возникшие и унаследованные современные экзогенные геологические процессы (ЭГП); впервые проведено зонирование Шагонарского плёса и прилегающей территории и выделены зоны влияния водоёма, в которых характер, степень и пространственная направленность природно-техногенных процессов зависят от условий наполнения и сработки [6]. Рассмотрим подробнее результаты работ.

Особенности гидрологического режима. Важнейшими характеристиками гидрологического режима водохранилищ являются: характер регулирования стока, величина сработки уровня воды, характер водообмена, водный баланс [1]. Как отмечают ис-

следователи [7, 11], на многих водохранилищах Сибири с сезонным регулированием поступающего стока, в том числе и на Саяно-Шушенском, выделяются три фазы хода уровня. В пределах Шагонарского озеровидного расширения ход уровня выглядит следующим образом:

- весеннее наполнение, начинается с конца мая – начала июня;
- летне-осеннее стояние уровня, достигающее отметки, близкой к НПУ, к июлю-августу;
- осенне-зимняя сработка, охватывает осень, зиму и первые весенние месяцы.

Весной лед ложится непосредственно на днище затапливаемого участка. В зависимости от погодных условий днище освобождается ото льда в конце апреля – начале мая. В это время Верхний Енисей течет в своем природном русле, ложе водохранилища полностью осушается. Ежегодно эти фазы повторяются. Таким образом, сезонный характер регулирования стока Саяно-Шушенского водохранилища и очень большая сработка уровня (до 40 м) определяют важнейшую особенность функционирования Шагонарского плёса – его периодическое существование в течение года как водоёма.

Зонирование территории влияния Шагонарского плёса. В ходе анализа полученных результатов изучения Шагонарского плёса и прилегающей территории нами впервые проведено зонирование и выделены три зоны влияния водоема, в которых характер, степень и пространственная направленность природно-техногенных процессов зависят от условий наполнения и сработки (рис. 3).

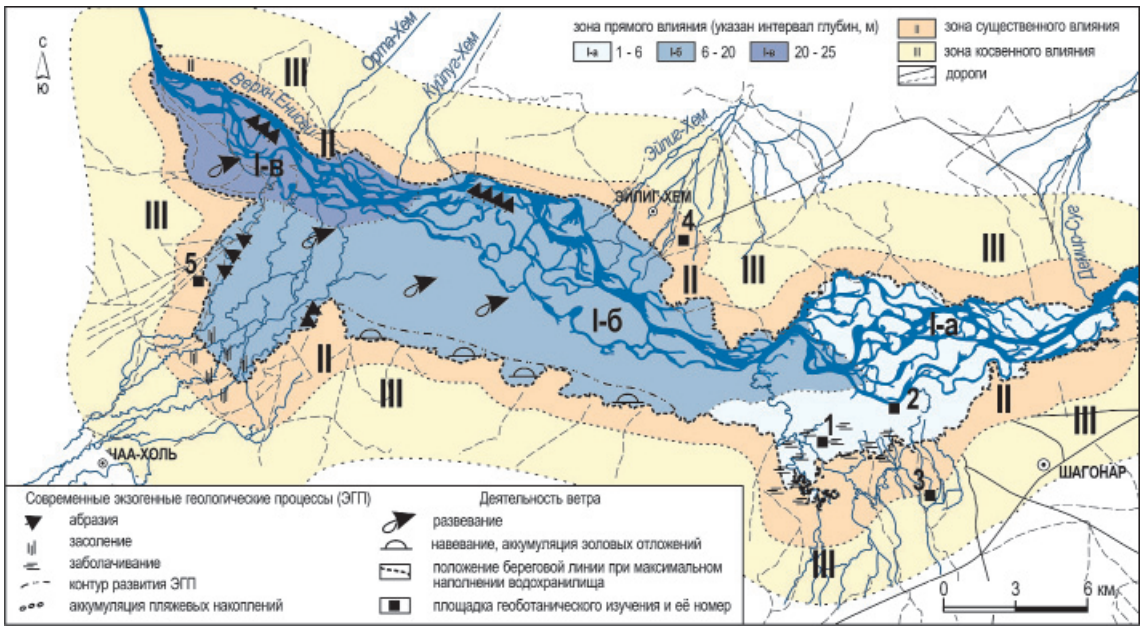

Рис. 3. Схема зонирования Шагонарского плёса водохранилища и прилегающей территории

Экологическое состояние и влияние озеровидного расширения водохранилища на территорию изучалось в двух режимах – при наполнении водоёма (гидрохимические особенности) и при сработанном уровне (современные экзогенные геологические процессы, трансформация почвенно-растительного покрова в пределах ложа водохранилища и на прилегающей территории). Ниже приводится более подробное описание выделенных зон.

Первая зона – прямого влияния водохранилища. Её площадь составляет 262 км^2 и совпадает с площадью акватории водоема при наполнении до НПУ.

Период наполнения. Каждое крупное водохранилище рассматривается как объект, существенно изменяющий исходное качество речной воды. Формирование качества воды в водохранилище зависит от многих факторов: природных условий региона, в том числе климатических, геологического строения района, степени загрязнения реки, на базе которой создано водохранилище, и др. [5]. Специфика гидрохимических условий Шагонарского плёса заключается в ежегодной смене объёма воды в чаше водохранилища благодаря значительной сработке водоёма. В связи с этим ежегодно меняются данные о содержании тех или иных

химических компонентов, в том числе и загрязняющих. Проведенные исследования показали, что гидрохимическое состояние Шагонарского плёса характеризуется незначительным колебанием содержания химических компонентов, отмечается стабильное превышение содержания в воде ионов меди, что объясняется присутствием в водосборном бассейне реки медьсодержащих месторождений. Из загрязняющих компонентов отмечается повышенное содержание фенолов, что связано со сбросом в водохранилище неочищенных сточных вод г. Шагонар. По величине биохимического потребления кислорода (БПК$_5$), определенного по периметру акватории, воды преимущественно от умеренно загрязненных до грязных. Бактериологическое загрязнение вод фиксируется во всех мониторинговых точках опробования водоема (рис. 4).

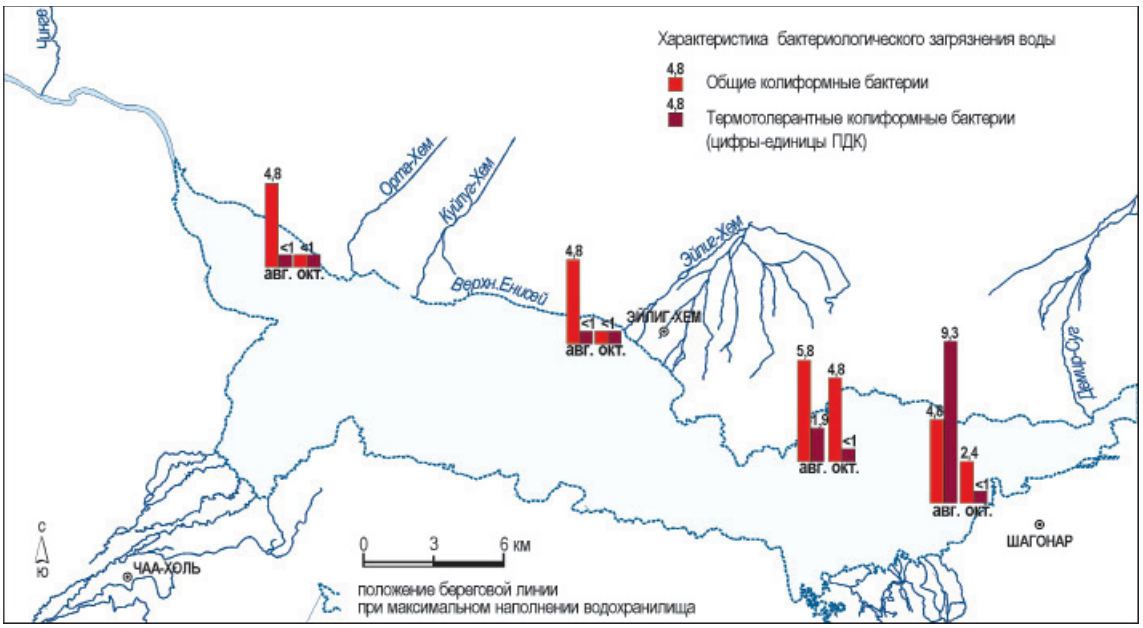

Рис. 4. Характеристика воды Шагонарского плёса водохранилища по бактериологическим показателям

Наиболее значимыми источниками загрязнения являются сточные воды очистных сооружений города Шагонар, поселка Чаа-Холь, сбрасываемые в водохранилище, выпас крупного и мелкого рогатого скота в пределах затапливаемой территории.

Период сработки. Ложе Шагонарского плёса Саяно-Шушенского водохранилища представляет собой уникальный природно-техногенный объект, т.к. находится попеременно то в аквальных, то в субаэральных условиях. Сезонная ритмика существования водохранилища является основным фактором пространственного изменения ландшафтов затапливаемой территории. В пределах ложа природные аккумулятивные ландшафты с комплексом уремных топольников и долинных злаковых лугов, существовавшие до заполнения водохранилища, сменились на природно-антропогенные периодически затапливаемые и осушаемые ландшафты травянистых экосистем. В период подготовки ложа водохранилища древесная растительность была подвержена лесосводке во избежание её гниения при затоплении. В рассматриваемой зоне прямого влияния выделены три подзоны в зависимости от глубины заполнения водоема (рис. 5).

Период сработки водоема

Подзона I-а приурочена к восточной части ложа водохранилища, к области выклинивания подпора. Глубина затопления – до 6 м. В период сработки водохранилища здесь на пойменных участках рек и первой надпойменной террасе степные и луговые сообщества, гликофитные луга с костровыми пырейными ассоциациями сменились на заболоченные долинные луга с формациями спорышево-пажитниковых, осоковых и леймусовых лугов на переувлажненных почвах. В сложении травостоя значительное участие принадлежит сорным растениям.

Подзона I-б охватывает среднюю часть затапливаемой территории, глубина затопления – от 6 до 20 м. В пределах данного

участка ложа на месте развития луговых и степных чиево-караганных ассоциаций пойм, первой и второй надпойменных террас формируется маревая растительность на легкосуглинистом и супесчаном наилке, перекрывающем первичные аллювиальные почвы.

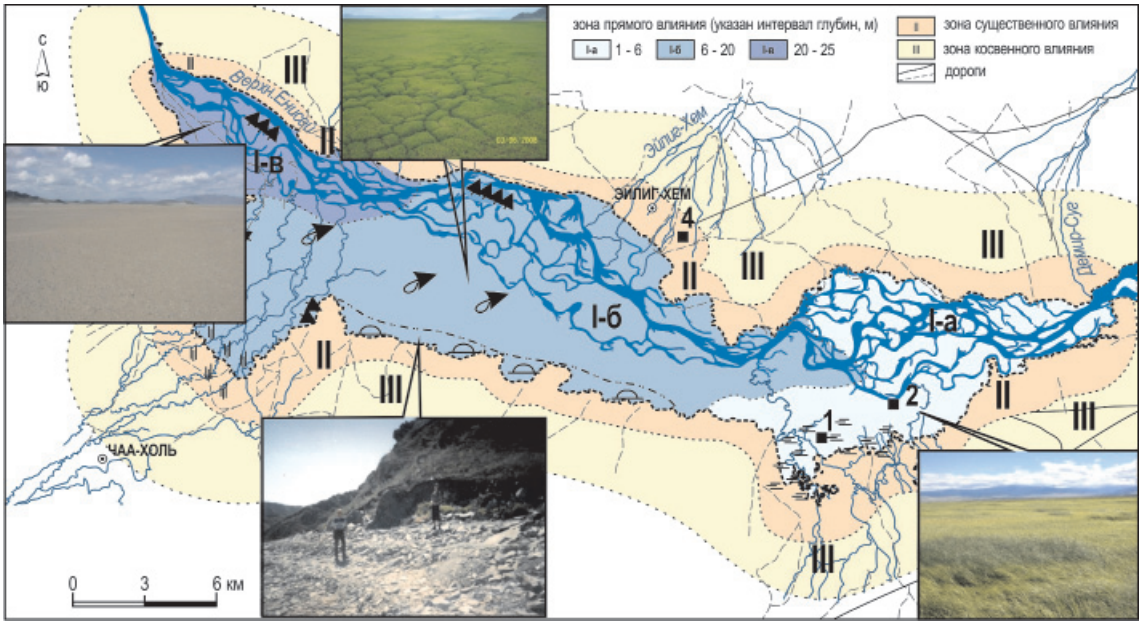

Рис. 5. Изменение ландшафтов в пределах первой зоны влияния водохранилища

Подзона I-в выделяется в западной части ложа водохранилища (глубина затопления – от 20 до 25 м). Здесь степные и луговые пойменные злаковые луга заместились фрагментарной угнетенной пионерной растительностью или полным её отсутствием на песчаных и супесчаных отложениях, залегающих на первичных аллювиальных почвах.

В первой зоне вдоль южного берега отмечается образование новых форм рельефа – аккумулятивных террас, возникших в результате функционирования водохранилища.

Вторая зона – существенного влияния. Она выделяется в пределах береговой полосы, непосредственно примыкающей к площади затопления. Ширина зоны составляет 1–2 км в зависимости от геоморфологических условий. В пределах второй зоны отмечаются такие ландшафтные изменения, как возникновение абразии, заболачивание пойм, вторичное засоление грунтов, активизация выветривания коренных пород, эоловый перенос и аккумуляция (рис. 6). На пологих пойменных участках происходит значительная трансформация растительного покрова со сдвигом видового состава в сторону увеличения гигрофильных видов, изменение почвенного покрова с увеличением площади гидроморфных почв.

Абразия. В зависимости от геологического строения во второй зоне влияния выделены пять типов берегов по характеру абразии (рис. 7):

– абразионные обвально-осыпные;

– слабо абразионные;

– устойчивые абразионно-денудационные;

– переходного типа от обвально-осыпных к устойчивым;

– нейтральные пологие.

Установлено, что наиболее интенсивно абразионные процессы протекают в пределах берегов, сложенных рыхлыми четвертичными породами, в частности на участке Куйлуг-Хем, где были проведены топогеодезические работы с целью выявления динамики отступания берега (рис. 8). Выявлено, что площадь и объемы обрушения пород в период с 2009 по 2011 гг. уменьшились, что объясняется затуханием абразионных процессов в результате заполнения водохранилища ниже НПУ (таблица).

Такой режим наполнения связан с восстановительными работами после аварии на Саяно-Шушенской ГЭС 2009 года. В целом отступание берега на участке Куйлуг-Хем за время эксплуатации водохранилища (32 года) составило около 20 м, при прогнозе «Ленгидропроекта» [1994] – 13–25 м за 10 лет эксплуатации.

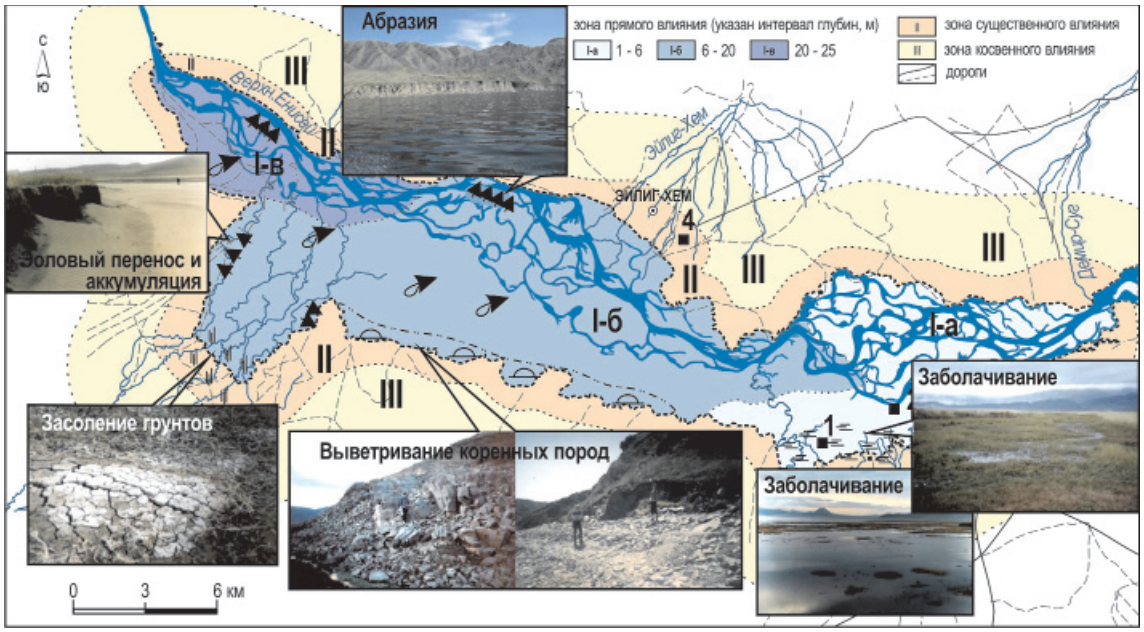

Рис. 6. Ландшафтные изменения в пределах второй зоны влияния озеровидной части водохранилища

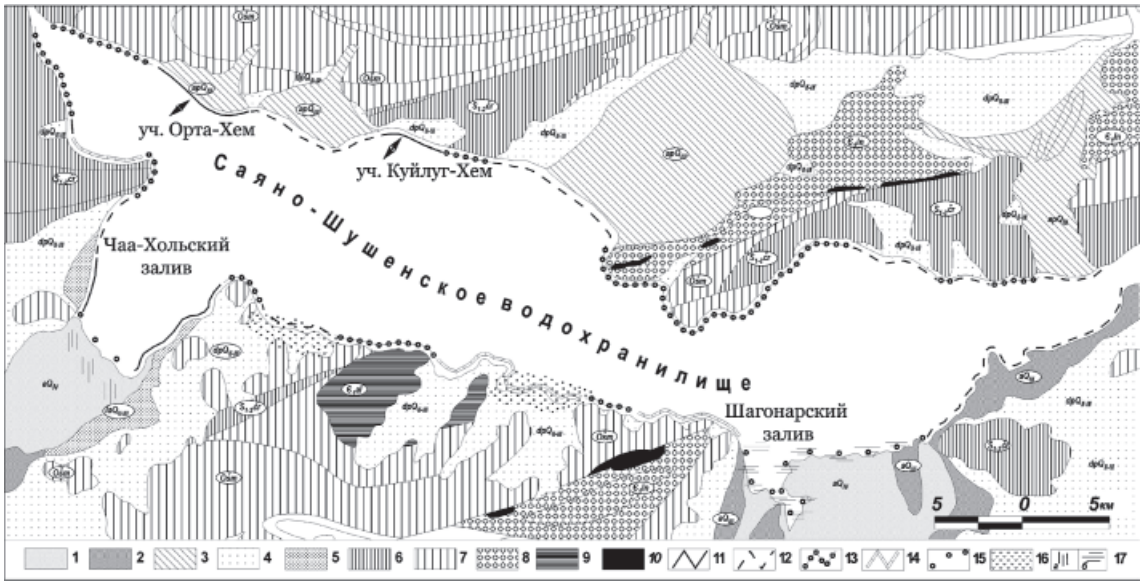

Рис. 7. Геологическая карта береговой зоны Шагонарского плёса водохранилища.
Типы берегов по характеру абразии.
Условные обозначения: геологические подразделения:
1 – современные аллювиальные отложения пойм, русел рек, aQ_{IV} ; 2 – верхнечетвертичные аллювиальные отложения, aQ_{III}; 3 – верхнечетвертичные аллювиально-пролювиальные отложения, apQ_{III}; 4 – средне-верхнечетвертичные делювиально-пролювиальные отложения, dpQ_{II-III}; 5 – средне-верхнечетвертичные озерно-аллювиальные отложения, laQ_{II-III}; 6 – отложения чергакской свиты силура, $S_{1-2}čr$; 7 – отложения шемушдагской свиты ордовика, Ošm; 8 – нижнекембрийские образования ленского яруса, $Є_1ln$; 9 – нижнекембрийские отложения алданского яруса, $Є_1al$; 10 – раннекембрийский актовракский комплекс, $σЄ_1a$.
Типы берегов: 11 – абразионные обвально-осыпные; 12 – слабо абразионные; 13 – устойчивые; 14 – берега переходного типа; 15 – нейтральные. Экзогенные геологические процессы: 16 – участки эоловой аккумуляции; 17а – участки засоления почв; 17б – участки заболачивания

Параметры обрушения берегового уступа на участке Куйлуг-Хем

Параметры обрушения	Периоды исследования, годы	
	2003–2009	2009–2011
Площадь обрушения пород, м^2	8250	875
Объем массы обрушившихся пород, м^3	173250	15750
Средняя высота обрушения, м	21	18

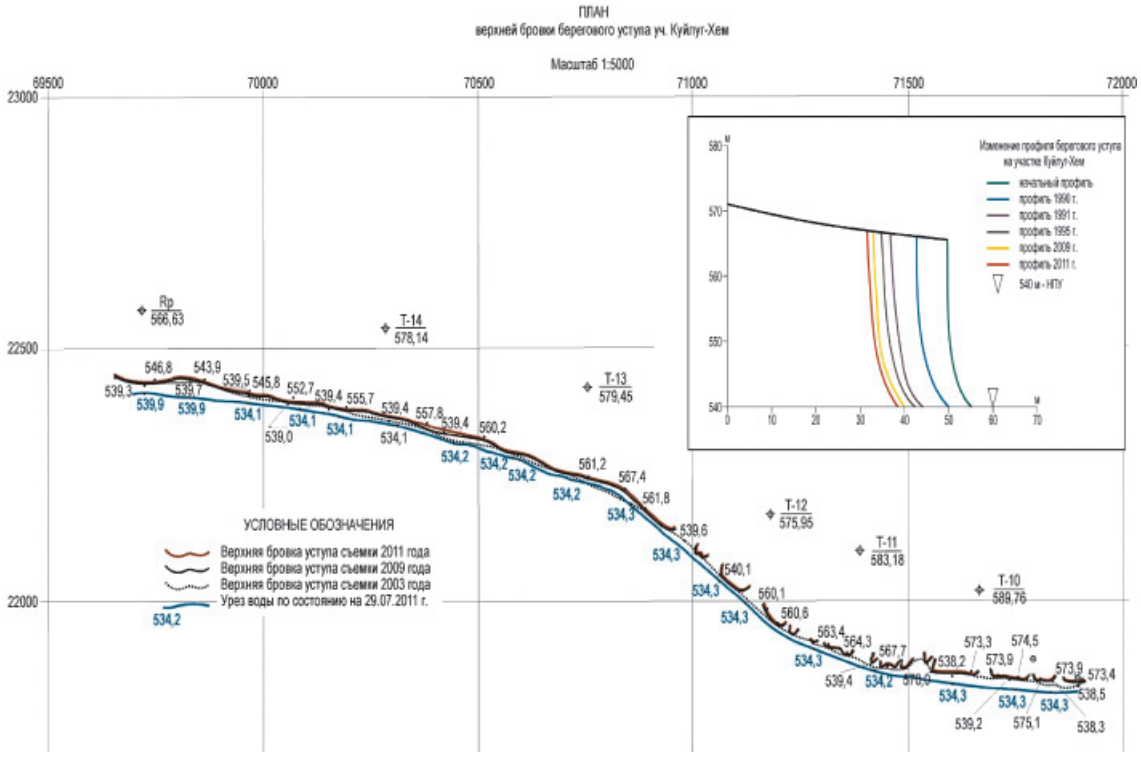

Рис. 8. Динамика обрушения берегового уступа на участке Куйлуг-Хем

Выветривание пород. Обводнение склонов речных долин при первоначальном заполнении водоема и последующие сезонные колебания уровня воды способствуют резкой активизации физического выветривания горных пород. За период существования водохранилище способствовало формированию техногенной выветрелой зоны на отдельных участках, сложенных коренными породами. Выветривание протекает с разной степенью интенсивности в зависимости от свойств коренных пород – характера структурных связей, степени метаморфизма, тектонической раздробленности и др. В плотных устойчивых коренных породах, менее подверженных процессам выветривания, формируется полоса осушки – зона переменного увлажнения-осушения. Наиболее интенсивным процессам выветривания подвергаются сильно метаморфизованные нижнекембрийские породы ленского и алданского ярусов ($Є_1$ln, $Є_1$al), представленные сланцами, мраморизованными известняками, мраморами, метаморфизованные и рассланцованные аргиллиты, алевролиты, песчаники чергакской (S_{1-2}čr) и шемушдагской (0šm) свит (рис. 7). Ежегодное водонасыщение и осушение этих пород благоприятствует интенсивному выветриванию и разрушению их до обломочного материала с образованием как крупных, так и мелких глыб, обломков средней величины и дресвяно-щебнистого материала. Полоса интенсивно выветрелых пород, разрушенных до мелких глыб, дресвы и щебня, протягивается вдоль береговой линии в поле их развития. Ширина полосы колеблется в пределах 10–15 м, в зависимости от крутизны затапливаемого склона.

Вероятно, зона выветривания развивается и в глубину по примеру развития кор физического выветривания. Предполагаемая мощность дезинтегрированных пород составляет 2–3 м.

Образовавшийся мелкообломочный материал в результате волноприбойной деятельности переносится водными потоками вдоль берега водохранилища и служит материалом для формирования своеобразных аккумулятивных террас. Ширина данных террас колеблется в пределах 3–5 м, высота составляет 0,2–0,4 м, уклон террас – 3–6°. Отмечено, что количество террас увеличивается с востока на запад от одной-двух в зоне выклинивания подпора (район г. Шагонар) до четырех-пяти вблизи Чаа-Хольского залива. Террасы прослеживаются преимущественно по левому, более пологому берегу водохранилища.

Очень важный фактор работы водохранилищ – ***размыв, перемещение и отложение наносов*** вдоль берега, а также отложение осадков на дне водоема, что способствует заилению его ложа и сокращению полезной призмы водохранилищ. Нами выявлено, что в пределах Шагонарского плёса происходит разрушение как крутых, так и пологих берегов, сложенных рыхлыми образованиями, выветривание и частичное разрушение коренных пород до дресвы и щебня. Мелкодисперсная фракция, а также обломки, образующиеся в результате выветривания коренных пород, при наполнении водоема перемещаются вдоль береговой линии водными потоками. Пылеватые и глинистые частицы, которые образуются в результате разрушения рыхлых пород, слагающих берега, а также приносятся самой рекой Верхний Енисей в виде твердого стока, скапливаются на дне водоема, что приводит к заилению ложа водохранилища. Необходимо отметить, что мощность отложений илисто-глинистой фракции весьма неравномерна в пределах дна водоема. Подобная неравномерность в мощности слоя наилка может быть объяснена наличием разнородных и разнонаправленных подводных течений в период наполнения водохранилища, а также неровностями его дна. Ежегодная мощность накопления материала составляет около 0,5–1,0 см. В западной части Чаа-Хольского залива заиление кое-где отсутствует или составляет 6–8 см, в восточной же части этого залива колеблется от 10 до 16 см. Здесь наилок представляет собой суглинок серый, лессовидный. Мощность наилка, отложенного в районе Шагонарского залива, составляет 8–10 см.

Заболачивание прибрежных участков. *В* результате наполнения водохранилища затапливаются приустьевые части рек Шагонар, Торгалыг, Чаты, Чаа-Холь, Бай-Булун. Эти пространства представляют собой выровненные, почти плоские участки, полого спускающиеся к ложу водохранилища. При наполнении водоема в поймах указанных рек образуются обширные площади мелководий с глубиной до 1,0 м. Береговая волна здесь гасится. В условиях застойного режима (практически отсутствие водообмена) в подобных местах начинают развиваться процессы заболачивания территории (рис. 3). Площадь заболоченных участков составляет около 45 км^2.

Засоление почво-грунтов обычно возникает в аридном климате при близком залегании уровня грунтовых вод [8]. Такие условия возникли в береговой полосе Чаа-Хольского залива (рис. 3). При наполнении водохранилища происходит подпор грунтовых вод. И хотя величина подпора невелика, этого оказалось достаточно для развития процессов засоления техногенного характера. Нами установлено, что в единой пойме рек Чаа-Холь и Бай-Булун вдоль берега водохранилища и при сработке уровня на обнажившемся ложе отчетливо выделяются пятна засоления в виде скопления на поверхности почвы корочек и налетов солей.

Эоловые процессы. В пределах территории, попавшей под затопление, по левому борту долины реки Верхний Енисей до заполнения водохранилища были развиты отдельные пятна эоловых песков незначительной площади (0,5–1,5 км^2). При максимальном (или близком к нему) наполнении водоема пески стали слагать берега и прибрежные отмели и переноситься водными потоками вдоль берега. При изучении ложа водохранилища в период сработки выявлено, что пески перемещаются вдоль берега и по ложу водохранилища ветром, образуя песчаные бугры и дюны высотой до 1 м с хорошо выраженной ветровой рябью на поверхности. Максимальное скопление эоловых песков наблюдается вдоль южного берега Шагонарского плеса на протяжении до 40 км.

В третьей зоне косвенного влияния Шагонарского плёса (ширина зоны колеблется в пределах 5 км) наиболее значимым процессом, возникшим в результате создания водоема, является аккумуляция пылеватых частиц (рис. 9), переносимых с открытого ложа водоема пыльными бурями в весенний период. В этой же зоне проявляются незначительные климатические изменения, которые выражаются в виде уменьшения засухи на посевных площадях (по данным ГУ «Тувинский республиканский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»).

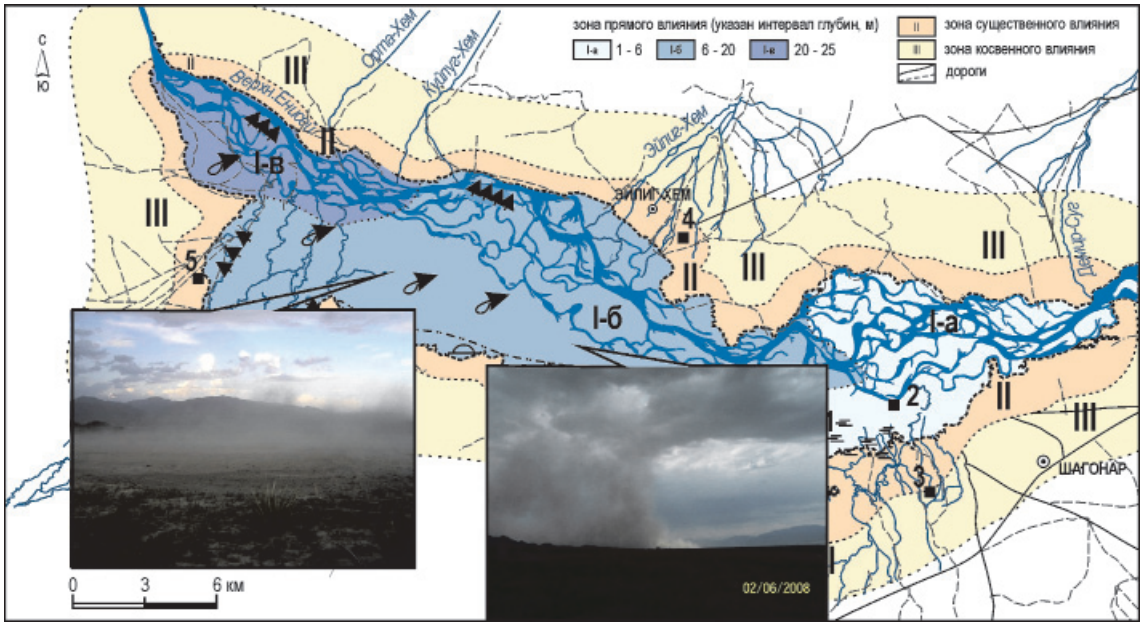

Рис. 9. Пыльные бури в пределах открытого ложа водохранилища в период сработки водоема

Выводы

1. Важнейшей особенностью функционирования Шагонарского плёса Саяно-Шушенского водохранилища в пределах Улуг-Хемской котловины является его сезонное существование, что обусловлено характером регулирования стока водохранилища и большой сработкой уровня. Ежегодное периодическое существование водоема препятствует формированию как водной, так и наземной экосистем в пределах затапливаемой территории. В период наполнения развиваются процессы, свойственные водохранилищам: абразия, заиление дна, образование новых вдольбереговых форм рельефа, формирование водной растительности и др. В период сработки водоема при полном осушении днища развиваются процессы, свойственные наземным экосистемам: формируется наземная растительность, интенсивно развиваются эоловые процессы в пределах открытого ложа.

2. Функционирование водохранилища существенным образом изменило ландшафты затапливаемой части долины Верхнего Енисея и прилегающей территории, привело к развитию новых форм рельефа, активизации унаследованных и возникновению новых экзогенных геологических процессов в пределах береговой зоны.

3. Результаты исследования позволили выделить три зоны влияния водоема, в которых характер, степень и пространственная направленность природно-техногенных процессов зависят от условий наполнения и сработки.

4. Так как экологическая обстановка в пределах Шагонарского плёса далека от стабилизации, необходимо дальнейшее проведение мониторинговых работ на данном объекте.

Список литературы

1. Авакян А.Б. Водохранилища. Серия «Природа мира» / А.Б. Авакян, В.П. Салтанкин, В.А. Шарапов. – М.: Мысль, 1987. – 325 с.

2. Алёкин О.А. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / О.А. Алёкин, А.Д. Семенов, Б.А. Скопинцев. – Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – 269 с.

3. Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод. – М., 1986. – 5 с.

4. Государственный стандарт ГОСТ 17.1.3.07-82 «Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков». – М., 2000. – 8 с.

5. Двуреченская С.Я. О влиянии сезонного фактора на формирование качества воды Новосибирского водохранилища в условиях изменения природно-техногенной ситуации / Сибирский экологический журнал. – 2006. – № 6. – С. 803–808.

6. Кальная О.И. Геоэкологические условия и особенности функционирования Шагонарского плёса Саяно-Шушенского водохранилища: дис. ... канд. геогр. наук. – Барнаул, 2013. – 171 с.

7. Кусковский В.С. Формирование берегов Саяно-Шушенского водохранилища при его эксплуатации (1990–2001 гг.) // География и природные ресурсы. – 2003. – № 4. – С. 65–72.

8. Никитина И.С. Государственный мониторинг геологической среды // Информ. бюл. о состоянии недр (геологической среды) на территории республики Тыва за 2005 г. ТТГФ. – Кызыл: ТГРЭ, 2005. – Вып. 10. – 98 с.

9. Овчинников Г.И. Изменение геоэкологической среды в зонах влияния Ангаро-Енисейских водохранилищ / Г.И. Овчинников, С.Х. Павлов, Ю.Б. Тржцинский. – Новосибирск: Наука, 1999. – 254 с.

10. Перечень предельно-допустимых концентраций и ориентировочно-безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – М.: Мединор, 1995. – 220 с.

11. Савкин, В.М. Водохранилища Сибири, водно-экологические и водно-хозяйственные последствия их создания // Сибирский экологический журнал. – 2000. – № 2. – С. 109–121.

12. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.5.980-00 «Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод». – М., 2000. – 13 с.

13. Семенов А.Д. Руководство по химическому анализу вод суши. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 540 с.

14. Тржцинский Ю.Б. Современная экзодинамика юга Сибирского региона / Ю.Б. Тржцинский, Е.А. Козырева, О.А. Мазаева, В.А. Хак. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2007. – 155 с.

15. Хабидов А.Ш. Геоморфология береговой зоны и побережий крупных водохранилищ Сибири: матер. к XXVI Пленуму геоморфологической комиссии РАН / А.Ш. Хабидов, Л.А. Жиндарев, В.С. Кусковский, Г.И. Овчинников, В.М. Савкин. – Новосибирск: Наука, 2001. – 120 с.

References

1. Avakyan A.B. Vodokhranilishha. Seriya «Priroda mira» / A.B. Avakyan, V.P. Saltankin, V.A. SHarapov. M.: Mysl', 1987. 325 p.

2. Alyokin O.A. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu poverkhnostnykh vod sushi / O.A. Alyokin, A.D. Semenov, B.A. Skopintsev. L.: Gidrometeoizdat, 1973. 269 p.

3. Vremennye metodicheskie ukazaniya po kompleksnoj otsenke kachestva poverkhnostnykh i morskikh vod. M., 1986. 5 p.

4. Gosudarstvennyj standart GOST 17.1.3.07-82 «Okhrana prirody. Gidrosfera. Pravila kontrolya kachestva vody vodoemov i vodotokov». M., 2000. 8 p.

5. Dvurechenskaya S.YA. O vliyanii sezonnogo faktora na formirovanie kachestva vody Novosibirskogo vodokhranilishha v usloviyakh izmeneniya prirodno-tekhnogennoj situatsii // Sibirskij ehkologicheskij zhurnal. 2006. no. 6. pp. 803–808.

6. Kal'naya O.I. Geoehkologicheskie usloviya i osobennosti funktsionirovaniya SHagonarskogo plyosa Sayano-SHushenskogo vodokhranilishha: diss. kand. geogr. nauk Barnaul. 2013. 171 p.

7. Kuskovskij V.S. Formirovanie beregov Sayano-SHushenskogo vodokhranilishha pri ego ehkspluatatsii (1990–2001 gg.) // Geografiya i prirodnye resursy. 2003. no. 4. pp. 65–72.

8. Nikitina, I.S. Gosudarstvennyj monitoring geologicheskoj sredy // Inform. byul. o sostoyanii nedr (geologicheskoj sredy) na territorii respubliki Tyva za 2005 g. TTGF. Kyzyl: TGREH, 2005. Vyp. 10. 98 p.

9. Ovchinnikov, G.I. Izmenenie geoehkologicheskoj sredy v zonakh vliyaniya Angaro-Enisejskikh vodokhranilishh / G.I. Ovchinnikov, S.KH. Pavlov, YU.B. Trzhtsinskij. Novosibirsk: Nauka, 1999. 254 p.

10. Perechen' predel'no-dopustimykh kontsentratsij i orientirovochno-bezopasnykh urovnej vozdejstviya vrednykh veshhestv dlya vody rybokhozyajstvennykh vodoemov. M.: Medinor, 1995. 220 p.

11. Savkin, V.M. Vodokhranilishha Sibiri, vodno-ehkologicheskie i vodno-khozyajstvennye posledstviya ikh sozdaniya // Sibirskij ehkologicheskij zhurnal. 2000. no. 2. pp. 109–121.

12. Sanitarnye pravila i normy SanPiN 2.1.5.980-00 «Vodootvedenie naselennykh mest, sanitarnaya okhrana vodnykh obektov. Gigienicheskie trebovaniya k okhrane poverkhnostnykh vod». M., 2000. 13 p.

13. Semenov, A.D. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu vod sushi. L.: Gidrometeoizdat, 1977. 540 p.

14. Trzhtsinskij, YU. B. Sovremennaya ehkzodinamika yuga Sibirskogo regiona / YU.B. Trzhtsinskij, E.A. Kozyreva, O.A. Mazaeva, V.A. KHak. Irkutsk: Institut zemnoj kory SO RAN, 2007. 155 p.

15. KHabidov, A.SH. Geomorfologiya beregovoj zony i poberezhij krupnykh vodokhranilishh Sibiri: mater. k XXVI Plenumu geomorfologicheskoj komissii RAN / A.SH. KHabidov, L.A. ZHindarev, V.S. Kuskovskij, G.I. Ovchinnikov, V.M. Savkin, YU.B. Novosibirsk: Nauka, 2001. 120 p.

Рецензенты:

Лебедев В.И., д.г.-м.н., директор, ФГБУН «Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов» Сибирского отделения Российской академии наук, г. Кызыл;

Черных Д.В., д.г.н., доцент, ведущий научный сотрудник, ФГБУН «Институт водных и экологических проблем» СО РАН, г. Барнаул.

Работа поступила в редакцию 26.12.2014.