

УДК 911.3:627.81

И. В. БЫЧКОВ*, В. М. НИКИТИН**

*Институт динамики систем и теории управления СО РАН, г. Иркутск

**Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, г. Иркутск

РЕГУЛИРОВАНИЕ УРОВНЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ: ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНЫЕ РЕШЕНИЯ

Рассмотрены история и основные проблемы регулирования уровня оз. Байкал, предпосылки, противоречия и особенности формирования законодательства в данной области. Выполнен анализ изменения уровня озера, амплитуды колебаний и полезного притока воды за период наблюдений 1898–2014 гг., а также расходов воды в нижнем бьефе Иркутской ГЭС в период зарегулирования стока. Обсуждается ситуация чрезвычайно маловодья в бассейне озера в 2014–2015 гг., его основные причины и следствия. Представлены оценки возможных рисков, связанных с регулированием уровня Байкала в периоды экстремальной водности. Рассмотрены современные проблемы регулирования расходов в нижнем бьефе Иркутской ГЭС и возможные последствия пропуска повышенных расходов воды через гидроузел, включая риски затоплений в многоводные периоды, а также вопросы обеспечения надежной работы водозаборов в периоды маловодий. Выполнен анализ экологических требований при регулировании уровня Байкала, показана противоречивость отдельных требований с учетом ретроспективы, комплексного подхода и интересов других водопользователей. Данные анализа и оценки рисков позволяют сделать вывод о невозможности выполнения требований существующего законодательства по регулированию уровня озера в периоды со значениями притока воды в озеро, существенно отличающимися от среднемноголетних (периоды экстремальной водности), без значительного ущерба для водопотребителей и водопользователей. Рассматривается международный опыт регулирования уровня воды в системе озеро–ГЭС–река на примере регулирования уровня оз. Онтарио и р. Святого Лаврентия при эксплуатации ГЭС Мозес–Сандерс на территории США и Канады. Предложены пути решения проблемы регулирования уровня Байкала, включающие выполнение специальных комплексных межотраслевых и междисциплинарных исследований.

Ключевые слова: регулирование уровня, амплитуда колебаний, полезный приток, экстремальная водность, расход воды в нижнем бьефе, экологические требования.

We examine the history and the main problems related to the water-level regulation of Lake Baikal as well as the pre-conditions, conflicts and characteristics of the institution of legislation in this field. An analysis is made of the lake's water-level fluctuations, the fluctuation range and useful water inflow for the observing period 1898–2014 as well as of the water discharges in the downstream of the Irkutsk Hydroelectric Station (HES) at the period of streamflow regulation. We discuss the situation with an extraordinarily low water level within the lake basin in 2014–2015, and its main causes and consequences. Assessments are made of the possible risks associated with the regulation of Baikal's water level for periods of extreme hydraulicity. We examine the current problems related to the regulation of water flow rates in the downstream of the Irkutsk HES, and the possible consequences of excessive discharges of water via the hydroelectric scheme, including the risks of inundations at high water-level periods, as well as the issues of ensuring the reliable operation of water intake facilities at low water-level periods. We analyze the ecological requirements for the regulation of the water level of Baikal, and demonstrate the contradictoriness of some requirements with reference to the retrospective considerations, an integral approach and the interests of other water users. Data derived from the analysis and risk assessment suggest that the existing legislation on the regulation of the water level in the lake is not possible to comply with when the values of water inflow into the lake differ greatly from mean long-term values (periods of extreme hydraulicity); otherwise a heavy damage will be inflicted to water consumers and water users. We examine international experience of the regulation of the water level in the lake–HES–river system using, as an example, the regulation of the water level in Lake Ontario and the Saint Lawrence river in connection with the operation of the Moses–Saunders Power Dam straddling the border between the USA and Canada. We suggest some lines of attack on the problem related to the regulation of Baikal's water level, specifically the need to conduct special integral inter-agency and interdisciplinary investigations.

Keywords: water-level regulation, fluctuation range, useful inflow, extreme hydraulicity, water flow rate in the downstream, ecological requirements.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема регулирования уровня оз. Байкал существует с момента завершения строительства Иркутской ГЭС (ИГЭС) и начала ее эксплуатации в конце 1950-х гг. Она остается актуальной и в настоящее время и активно обсуждается как органами управления (на федеральном и региональном

уровнях), так и научно-экспертным сообществом, общественными организациями на совещаниях, конференциях, круглых столах и в публикациях. Внимание к этой проблеме не случайно, поскольку она касается уникального природного объекта — оз. Байкал, интересов (часто противоречивых) прилегающих территорий, многочисленных водопотребителей и водопользователей.

Дискуссии последнего времени связаны также с обсуждением и согласованием проекта новых «Правил использования водных ресурсов водохранилищ Ангарского каскада ГЭС (Иркутское и оз. Байкал, Братское, Усть-Илимское)» (далее — ПИВР-2013) [1], подготовленных взамен действующих ПИВР 1988 г. [2].

В данной статье обсуждаются вопросы, посвященные основным проблемам регулирования уровня оз. Байкал и возможным подходам к их решению. Отметим, что в работе не рассматривается возможное влияние на регулирование уровня оз. Байкал планов руководства Монголии по строительству целого ряда ГЭС непосредственно на р. Селенге и ее притоках.

РЕГУЛИРОВАНИЕ УРОВНЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Техническим проектом ИГЭС предусмотрены: нормальный подпорный уровень (НПУ) — 457,0 м ТО (в тихоокеанской системе высот); минимальный уровень, допустимый при нормальной эксплуатации (УМО), — 455,54 м; максимальный «форсированный» уровень (ФПУ) — 457,5 м, допустимый в случае пропуска экстремальных паводков. Таким образом, расчетный допустимый диапазон колебаний уровня Иркутского водохранилища (оз. Байкал) по проекту составляет 1,46 м в нормальных условиях и 1,96 м — в условиях экстремальной водности. Под эти уровни были рассчитаны (спроектированы) параметры и режимы работы гидроузла, условия функционирования водопользователей и водопотребителей в его верхнем и нижнем бьефах (полезный объем водохранилища, выработка электроэнергии, гарантированная мощность, отметки водозаборов и др.) [3].

Главной особенностью ИГЭС является то, что более 99 % полезного объема ее водохранилища (призмы регулирования) относится к Байкалу, а режим р. Ангары определяется режимом озера и пропуском воды через ИГЭС. В результате строительства Иркутского гидроузла изменились характеристики Байкала — уровень воды и внутригодовая амплитуда его колебаний. В среднем за период эксплуатации ИГЭС они увеличились на 94 и 11 см соответственно относительно средних многолетних значений, наблюдаемых в естественных условиях. Сместились на более позднее время и средние сроки достижения сезонных минимальных и максимальных значений уровней. Это привело к ряду негативных последствий как для экосистемы самого озера, так и для социально-экономических объектов побережья [4–13].

Период эксплуатации ИГЭС и регулирования режимов Иркутского водохранилища (оз. Байкал) можно условно разделить на два этапа: первый — 1960–2000 гг., второй — с 2001 г.

На первом этапе при использовании водных ресурсов и регулировании уровней водохранилища (оз. Байкал), учитывающем интересы различных водопользователей, приоритет в целом отдавался энергетике. Это было особенно заметно в 1983–1995 гг. За 13 лет форсирование уровня Байкала (превышение отметки НПУ) происходило 10 раз (за период эксплуатации ИГЭС с 1960 г. — 17 раз), и далеко не всегда оно было обусловлено сложившимися гидрологическими условиями (за исключением многоводных 1985 и 1988 гг.). Отмечалось значительное антропогенное воздействие на экосистему озера и прибрежную территорию, прежде всего Республики Бурятия, — хозяйственные объекты, жилые дома, инфраструктуру [5–8]. В этот период, особенно с середины 1990-х гг., начались активные выступления общественности, научных организаций, органов государственного управления, были сформулированы экологические требования к регулированию оз. Байкал [8, 9]. Все это послужило предпосылками принятия Постановления Правительства РФ от 26.03.2001 № 234 «О предельных значениях уровня воды в озере Байкал при осуществлении хозяйственной и иной деятельности» (далее — Постановление-2001) [14]. В соответствии с Постановлением-2001 минимальные и максимальные значения уровней воды в Байкале были ограничены метровым диапазоном — 456 и 457 м, и можно говорить о начале второго этапа в регулировании Иркутского водохранилища (оз. Байкал).

Подготовка проекта Постановления-2001 началась в 2000 г. и основывалась на принятом незадолго до этого Федеральном законе «Об охране озера Байкал» от 01.05.1999 № 94-ФЗ [15] и Водном кодексе (в редакции 1995 г.) [16]. Установление предельных уровней оз. Байкал Правительством Российской Федерации обосновывалось необходимостью реализации статьи 7 ФЗ «Об охране озера Байкал» как мера, ограничивающая влияние хозяйственной деятельности на уникальную экосистему озера.

В первой редакции проекта Постановления-2001, проработанной с участием научно-исследовательских и проектных организаций, экспертов, специалистов органов управления на региональном и федеральном уровнях, в двух первых пунктах кратко и точно было изложено смысловое содержание документа:

«1. В период средней водности установить минимальное значение уровня воды в озере Байкал на отметке 456,0 м и максимальное значение уровня воды на отметке 457,0 м в тихоокеанской системе высот.

2. В периоды катастрофически повышенной или пониженной водности допускаются отклонения, которые устанавливаются Правительством РФ по предложению специально уполномоченного органа управления использованием и охраной водного фонда».

В пунктах 3 и 4 были отмечены необходимые организационные меры (разработка новых ПИВР и др.).

В мае 2000 г. данный проект Постановления-2001 был согласован представителями заинтересованных министерств, ведомств и органов управления субъектов РФ (Иркутской области и Республики Бурятия). Однако в конце сентября 2000 г. появилась вторая редакция проекта Постановления-2001. В ней осталось только два пункта:

«1. Установить минимальное значение уровня воды в озере Байкал на отметке 456,0 м и максимальное значение уровня воды на отметке 457,0 м в тихоокеанской системе высот.

2. При возникновении форс-мажорных обстоятельств (экстремально высокий или экстремально низкий приток к озеру Байкал) максимальные и минимальные значения уровней воды в озере Байкал устанавливаются Правительством РФ по представлению специально уполномоченного государственного органа управления использованием и охраной водного фонда (Министерства природных ресурсов Российской Федерации) в каждом случае отдельно».

Этот «усеченный» проект имеет уже существенно меньшее количество согласований. Если сравнить его с предыдущим, то видно, что из пункта 1 исчезли первые три слова: «в период средней водности», которые имеют чрезвычайно важное значение и принципиально меняют содержание документа.

Наконец, к марту 2001 г. появилась окончательная редакция Постановления, которая и была подписана 26 марта председателем Правительства РФ М. Касьяновым: «Установить максимальное и минимальное значение уровня воды в озере Байкал при использовании его водных ресурсов в хозяйственной и иной деятельности на отметках 457 и 456 метров (в тихоокеанской системе высот)» [14]. Таким образом, требование соблюдения метрового диапазона колебания уровня воды в озере должно выполняться при любых природных условиях, без исключений. Фактически был изменен главный принцип регулирования Иркутского водохранилища (оз. Байкал), основанный на комплексном использовании водных ресурсов. Теперь режим работы Иркутского гидроузла направлен прежде всего на соблюдение требования по поддержанию уровня воды в оз. Байкал в пределах отметок от 456 до 457 м, предусмотренного Постановлением-2001 (в такой редакции это и излагается в ПИВР-2013 [1]). Все остальные требования комплексного использования Иркутского гидроузла становятся вторичными. Таким образом, Постановление-2001 практически не позволяет предпринимать адекватные действия при наступлении экстремально маловодных и многоводных периодов, а переводит вполне естественную природную ситуацию, связанную с уменьшением или увеличением притока в оз. Байкал, в чрезвычайную.

Отметим, что Постановлению-2001 уже 14 лет, но до сих пор отсутствует анализ и комплексная, подтвержденная фактами и наблюдениями (результатами мониторинга), оценка экологических, социально-экономических, водохозяйственных, энергетических последствий перехода на новые условия регулирования.

Начиная с 1996 г. в бассейне Байкала установился рекордный по продолжительности мягкий маловодный период с незначительным отклонением от среднемноголетних значений притока воды в озеро. В 2001–2013 гг. среднегодовой приток в Байкал ни разу не превышал среднемноголетнего значения. Его среднее значение составило 1764 м³/с (только на 6 % ниже среднемноголетнего за весь период наблюдений), а среднегодовая амплитуда колебаний уровня озера — 78 см, что на 5 см меньше среднемноголетнего значения в естественных условиях, и, следовательно, не требовалось принятия каких-либо экстренных мер по выполнению Постановления-2001. Эти данные послужили главным аргументом инициаторов и сторонников Постановления-2001 не только для подтверждения безусловной правильности принятых ограничений, но и для дальнейшего сокращения допустимой амплитуды внутрigoдовых колебаний уровня воды в оз. Байкал до 82 см [17]. В целом подтвердилось мнение

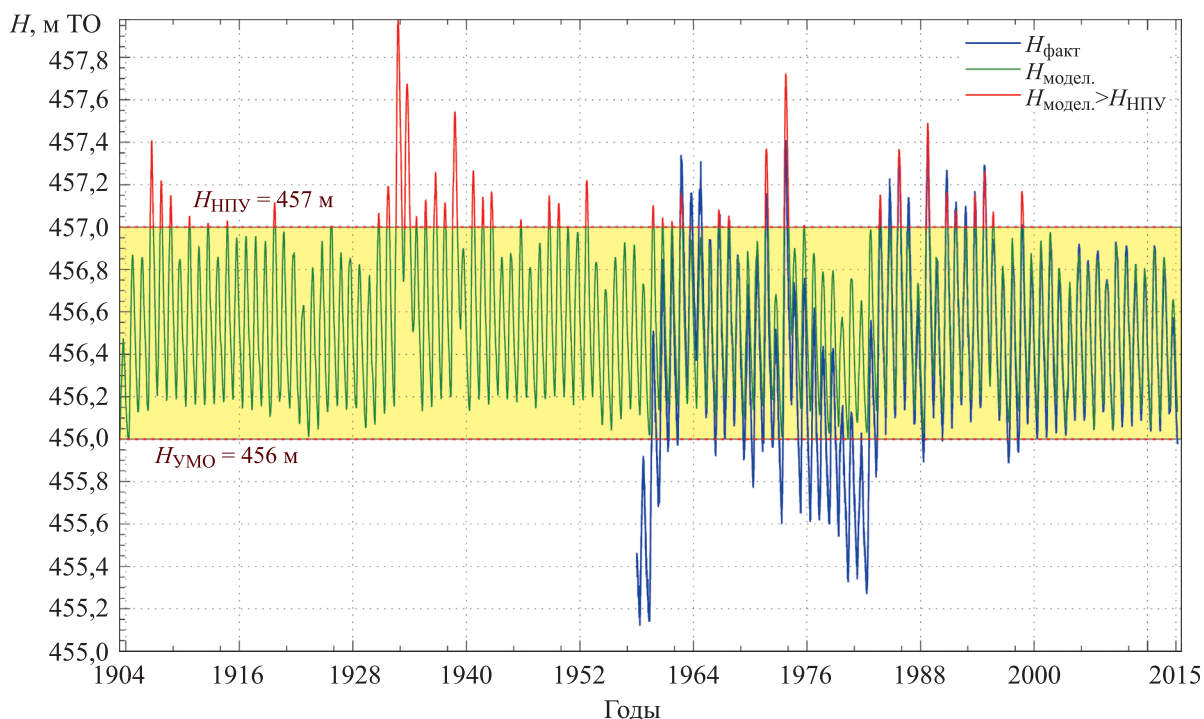


Рис. 1. Амплитуда колебаний уровня (H) оз. Байкал (1903–2015 гг.) в сопоставимых условиях с учетом ограниченного расхода воды в нижнем бьефе ($2800 \text{ м}^3/\text{с}$).

экспертов о принципиальной возможности сохранения метрового диапазона колебаний уровня в периоды средней водности (рис. 1), изъятые из первой редакции Постановления-2001.

Однако в 2014 г. 18-летний благоприятный период сменился катастрофическим маловодьем, рекордным с начала эксплуатации Иркутского гидроузла и вторым по глубине (после маловодья 1903 г.) за весь период наблюдений. Приток в Байкал в 2014 г. составил около 67 % от нормы. В результате к началу октября водохранилище оказалось наполненным только наполовину. Отрицательный приток воды в водохранилище (оз. Байкал) в ноябре ($-300 \text{ м}^3/\text{с}$)–декабре ($-500 \text{ м}^3/\text{с}$), даже при сохранении минимально допустимых сбросов через гидроузел, привел к ускоренному снижению уровня воды в озере — в среднем на 0,4 см в день. К концу 2014 г. уровень Байкала достиг отметки 456,15 м, и стало понятно, что уже в феврале он неизбежно достигнет минимально допустимой отметки 456 м и продолжит снижение по крайней мере до середины апреля 2015 г. — начала весеннего половодья.

Выполнение Постановления-2001 в сложившейся ситуации могло быть осуществлено либо при условии значительного снижения сбросных расходов через ИГЭС в течение всего периода с октября 2014 г. по апрель 2015 г. включительно, либо при прекращении сбросов в нижний бьеф и полной остановке ИГЭС с января по апрель 2015 г. Однако в соответствии с действующими ПИВР, санитарными нормами и требованиями к устойчивой работе водозаборов в нижнем бьефе ИГЭС минимально допустимый сброс через гидроузел должен составлять $1300 \text{ м}^3/\text{с}$ ($1250 \text{ м}^3/\text{с}$ после установления ледового покрова). Снижение расходов ниже указанного значения неизбежно приведет к прекращению водоснабжения, а затем и теплоснабжения в Ангарске, Ангарском промышленном районе (водозаборы № 1 ОАО «АЭХК», № 2 ТЭЦ-10 ОАО «Иркутскэнерго») и на расположенных ниже по течению водозаборах, а затем к катастрофическим социально-экономическим последствиям в регионе.

В ходе обсуждений вопроса регулирования уровня Байкала в октябре–декабре 2014 г. и позднее высказывалось мнение, что возможная причина низкого уровня воды в озере — нерациональное управление режимами работы Иркутского водохранилища, а именно неоправданно высокие сбросы воды в нижний бьеф. Расчеты, проведенные на основе фактических ежедневных данных по притоку и расходам в нижнем бьефе¹ и разработанной в Институте систем энергетики СО РАН системы моделирования уровенных режимов водохранилищ [18], показали, что если названный фактор и оказал

¹ Расчеты выполнены Н. В. Абасовым и Е. Н. Осипчуком.

влияние, то весьма ограниченное. В соответствии с действующими ПИВР к середине–второй половине апреля Иркутское водохранилище должно быть сработано как минимум до отметки 456,15 м (фактический достигнутый минимальный уровень составил весной 2014 г. 456,13 м), чтобы оставить свободной призму водохранилища глубиной минимум 85 см для приема весеннего половодья и летних дождевых паводков. Даже если предположить, что Федеральное агентство водных ресурсов имело бы все прогнозные данные о притоке воды в озеро на предстоящие шесть месяцев с точностью до 1 м^3 и заранее определило ежемесячные расходы через гидроузел еще в первой половине апреля 2014 г., ограничив их величиной $1500 \text{ м}^3/\text{с}$ — минимально допустимым навигационным попуском, то это позволило бы поднять максимальный уровень озера не более чем на 6 см выше фактически достигнутого (456,57 м) (рис. 2). В этом случае нижняя допустимая отметка 456 м была бы достигнута на

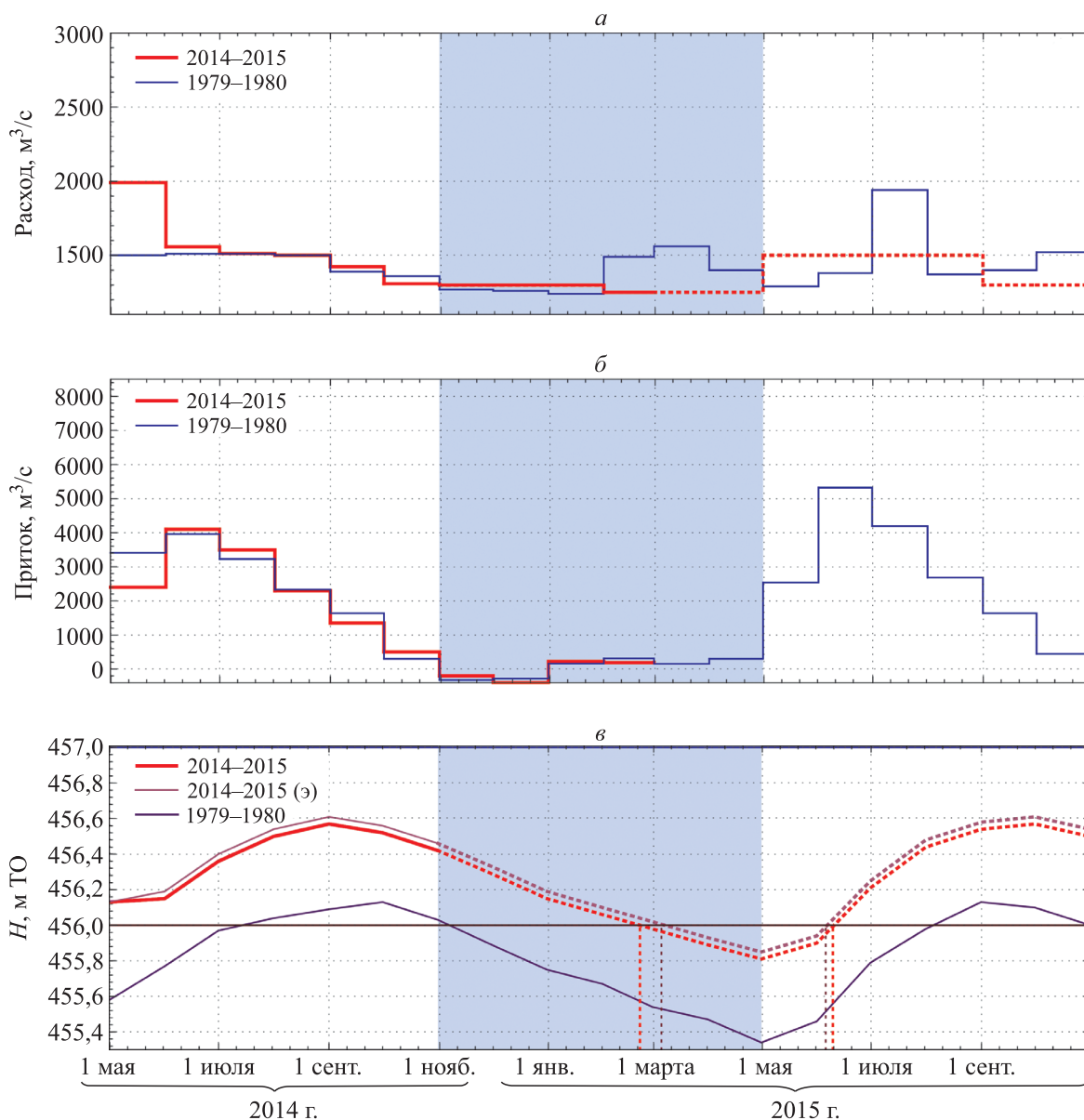


Рис. 2. Сценарий регулирования уровня оз. Байкал в 2014–2015 гг. по аналогии 1979–1980 гг. с учетом минимально возможных сбросов воды через Иркутскую ГЭС.

a — среднемесячный расход через Иркутскую ГЭС в 1979–1980 и 2014–2015 гг.; *б* — среднемесячный приток в Байкал в 1979–1980 и 2014–2015 гг.; *в* — уровень (*H*) Байкала: 1979–1980 гг. — фактический, 2014–2015 гг. — по аналогии с притоками 1979–1980 гг., 2014–2015 гг. (э) — по расчетному экономному варианту.

15–20 дней позднее, а минимальный уровень озера во второй половине апреля 2015 г. был бы на 6 см выше (при наличии заблаговременного точного шестимесячного прогноза притока воды в Байкал, что в настоящее время невозможно не только практически, но и теоретически).

Таким образом, выполнение Постановления-2001 в сезон 2014–2015 гг. оказалось невозможным, поскольку главным фактором снижения уровня был экстремально низкий приток воды в Байкал. Этот сезон стал фактически первой настоящей проверкой возможных последствий действия Постановления-2001 в реальных условиях экстремальной водности.

Длительный непрерывный ряд наблюдений за притоком и уровнем Байкала позволяет получить некоторые предварительные оценки и смоделировать возможные сценарии для ответа на вопросы: что произойдет, если гидрологические условия значительно выйдут за пределы близких к нормальным (среднепогодным) значениям, наблюдаемым в период 1996–2013 гг.; как часто могут возникать такие ситуации?

Поскольку в нашем анализе основное внимание уделяется показателям уровня озера, амплитуды его колебаний и тесно связанного с ними полезного притока воды в Байкал, рассмотрим их подробнее, обратившись к данным наблюдений за 1898–2014 гг., а также за отдельные, более ранние периоды [19].

Уровень озера и амплитуда его колебаний. Средний многолетний уровень Байкала в естественных условиях (до зарегулирования) составлял 455,48 м. За период наблюдений в этих условиях (1898–1957 гг.) минимальная отметка (454,93 м) была зафиксирована в 1904 г., максимальная (456,95 м) — в 1932 г. (исторический максимум в естественных условиях наблюдался в 1869 г. — 457,10 м), т. е. максимальная амплитуда колебаний уровня озера за время наблюдений в естественных условиях достигала 2,17 м, что примерно в два раза выше значения, предусмотренного Постановлением-2001. При этом среднепогодная внутригодовая амплитуда составила 0,83 м (минимальное значение (0,39 м) наблюдалось в 1903 г., максимальное (1,58 м) — в 1932 г.).

В последующий период, после строительства ИГЭС и начала ее эксплуатации (1960–2013 гг.), средний многолетний уровень озера достиг 456,42 м при минимальном значении 455,27 м (1982 г.) и максимальном 457,42 м (1988 г.). Таким образом, максимальная амплитуда колебаний в зарегулированный период была 2,15 м, или почти такой же, как и в естественных условиях. Среднепогодная внутригодовая амплитуда составила 0,94 м при минимальном значении 0,56 м в 1972 г. (в 2014 г. — 0,44 м) и максимальном 1,81 м в 1973 г.

Полезный приток. Среднепогодный полезный приток (далее — приток) воды в Байкал за время наблюдений (1898–2013 гг.) составляет 1879 м³/с (1922 м³/с в естественных условиях и 1830 м³/с в зарегулированных). В естественных условиях минимальный среднегодовой приток в озеро наблюдался в 1903 г. — 1106 м³/с, максимальный в 1932 г. — 3251 м³/с (в том числе 9339 м³/с в июне и 9557 м³/с в августе при среднем декадном максимальном значении 12 780 м³/с). В зарегулированный период минимальный приток (1283 м³/с) был зафиксирован в 1972 г. (в 2014 г. — 1268 м³/с), максимальный (2848 м³/с) — в 1973 г. (в том числе 8260 м³/с в июле и 7910 м³/с в августе). Внутригодовые среднемесячные показатели притока по сезонам отличаются на порядки как в естественных, так и в зарегулированных условиях.

Из приведенных выше значений видно, что для притока воды в Байкал и тесно связанных с ним уровня и его амплитуды как в естественных, так и в зарегулированных условиях характерна высокая изменчивость и неравномерность на фоне сезонной и многолетней цикличности. В соответствии со сложившейся более чем за столетний ряд наблюдений закономерностью период повышенной водности обязательно сменяется периодом пониженной, и наоборот, образуя вековые многолетние циклы средней продолжительностью около 80–90 лет [20, 21]. При этом внутри самих многолетних циклов отмечались значительные колебания, в том числе для соседних лет. Наглядным примером может служить период 1971–1973 гг. Многоводный 1971 г. (2313 м³/с) сменился экстремально маловодным 1972 г. (1283 м³/с), после чего сразу же наступил экстремально многоводный 1973 г. (2848 м³/с). В результате совсем не случайным стало увеличение внутригодовой амплитуды колебаний с 0,54 м (1972 г.) до 1,81 м (1973 г.).

В публикациях на тему регулирования уровня Байкала [8–11] нередко можно встретить утверждение, что в естественных условиях выход внутригодовой амплитуды уровня за пределы метрового диапазона был достаточно редким событием и происходил не чаще одного раза в 15–30 лет, а диапазон колебаний отметок уровня озера 83 см соответствует естественным условиям. По данным наблю-

дений в 1898–1957 гг., выход за пределы метрового диапазона наблюдался в девяти годах из 60 (15 % случаев, или один раз в 6–7 лет). Если же учитывать близкие к нему значения амплитуды (0,90–0,99 м), возможную погрешность измерений и естественные внутрисуточные колебания озера (сейшевые явления), то это еще 11 лет. Таким образом, примерно в один год из трех амплитуда колебаний превышала 1 м или имела близкие значения. Это уже совсем не редкое событие и тем более не чрезвычайная ситуация.

Кроме того, необходимо иметь в виду возможную «серийность» и резкую изменчивость внутри циклов повышения или понижения. Здесь показателен период высокой водности 1930–1932 гг., когда три года подряд амплитуда внутригодовых колебаний уровня озера превышала 1 м (1,03; 1,03 и 1,52 м соответственно). В четвертом, 1933 г. она также была близка к метровому диапазону (0,91 м), приток воды в Байкал все эти годы значительно превышал среднемноголетний (2161, 2353, 3251 и 2375 м³/с соответственно). В 1938–1940 гг. отмечалась высокая изменчивость притока и амплитуды колебаний уровней в соседние годы. В 1938 г. внутригодовая амплитуда колебаний уровня воды в озере составила 1,15 м при среднегодовом притоке 2918 м³/с, в 1939 г. — 0,47 м (1657 м³/с), а в 1940 г. — 1,12 м (2294 м³/с). Аналогичные примеры можно привести и для периодов маловодья, особенно экстремальных, как, например, 1976–1982 гг. Таким образом, в эти периоды вероятность существенного превышения (снижения) среднемноголетних показателей уровня воды может возрасти.

Хотелось бы отметить «магию» средних значений (нормы) и вероятности (обеспеченности). В гидрологических и водноэнергетических расчетах они широко используются и нередко являются базой для определения основных показателей, параметров и принятия управленческих решений. В нашем случае — это среднемноголетние значения за время наблюдений (притока, уровня, амплитуды и др.) и обеспеченность (вероятность). Эти показатели, безусловно, важны, если речь идет о нормальных (средних) периодах, но мало полезны в критических (экстремальных) условиях.

В основе решения Правительства РФ о границах допустимой амплитуды колебаний уровня Байкала лежат прежде всего среднемноголетние показатели, принятые как закономерность. По Постановлению-2001, выход за утвержденные границы не предусмотрен ни при каких условиях. Периоды экстремальной водности (маловодные и многоводные годы) и выход за границы установленного диапазона рассматриваются при этом как форс-мажорные обстоятельства, требующие введения режима чрезвычайной ситуации, срочного согласования с вышестоящими инстанциями и решения Правительства РФ о внесении изменений в Постановление-2001.

Вышеприведенные показатели и параметры, наблюдаемые в прошлом, дают основание сомневаться в возможности безусловного соблюдения заданных ограничений при наступлении периодов, существенно отличающихся от среднемноголетних.

Невозможность выполнения требований Постановления-2001 по максимально допустимой предельной отметке уровня воды в Байкале в случае высокого притока воды обусловлена также ограниченной пропускной способностью истока Ангары из Байкала в сочетании с ограниченной призмой регулирования — 1 м. При максимально допустимой отметке уровня воды в Байкале (457 м) исток Ангары в естественных условиях может пропускать лишь около 4700 м³/с, что значительно меньше неоднократно наблюдаемых ранее значений притока [1]. При этом речь идет не только об отдельных среднедекадных значениях, но и о среднемесечных и даже среднесезонных (средних значениях с мая по сентябрь включительно). В период с 1906 по 1988 г. среднесезонный приток в Байкал превышал 4700 м³/с в 16 годах, т. е. один раз в пять лет, причем в отдельные годы весьма значительно (6750 м³/с в 1932 г. и 6144 м³/с в 1973 г.). Есть и другие причины.

НИЖНИЙ БЬЕФ ИРКУТСКОЙ ГЭС

Одной из основных задач Иркутского гидроузла, наряду с обеспечением безопасности гидротехнических сооружений, предотвращением наводнений при пропуске весенних половодий и летних паводков, является обеспечение требований водопользователей и водопотребителей, а также безопасности населения и хозяйственных объектов в нижнем бьефе.

Под нижним бьефом подразумевается зона бесподпорного участка Ангары от плотины ИГЭС до границы сопряжения с Братским водохранилищем, протяженностью около 100 км. С принятием Постановления-2001 вопрос регулирования расходов (уровней) в нижнем бьефе ИГЭС является наиболее проблемным в условиях повышенной и пониженной водности.

В соответствии с техническим проектом Иркутского гидроузла его пропускная способность при катастрофических паводках составляет 7120 м³/с. Во всех остальных случаях расчетный максимально допустимый сбросной расход в нижнем бьефе ограничен 6000 м³/с. В проектных условиях данный расход должен обеспечивать безопасность населения и хозяйственных объектов в нижнем бьефе.

На практике уже в 1980-е гг. максимальный расход, обеспечивающий безопасность застройки, расположенной в пойменной части Иркутска, составил 4000 м³/с. В современных условиях затопление объектов в нижнем бьефе ИГЭС отмечалось при расходах более 2800–3000 м³/с. Так, при пропуске половодий 1995 и 2006 гг. с объемами полезного притока, близкими к среднему многолетнему значению (1995 г.) и даже ниже (2006 г.), наблюдалось затопление прибрежной зоны Иркутска. Юридическая законность части застройки в зоне нижнего бьефа здесь не рассматривается, так как это задача другого исследования.

Нижний бьеф ИГЭС на бесподпорном участке Ангары является также зажоро- и затороопасным. В периоды высоких зимних уровней воды в результате зажорных явлений наблюдалось частичное затопление населенных пунктов (Иркутск, Верхнежилкино, Нижнежилкино, Батарейная, Боково, дачные поселки) в 1991, 2001, 2005, 2010 гг.

Пропуск паводков через Иркутский гидроузел зависит не только от полезного притока в Байкал, но и от паводковых расходов на Иркуте и других притоках в зоне нижнего бьефа. Особенно опасным может стать совпадение высокой водности в Иркутском водохранилище (оз. Байкал) с паводком на притоках нижнего бьефа, прежде всего на Иркуте (паводки 1971 и 1973 гг.). При этом паводковый расход только на Иркуте может составить около 6000 м³/с (при обеспеченности 0,1 %), что соответствует максимально допустимому расходу в нижнем бьефе. В экстремально многоводные годы на Байкале (1930-е гг.) наблюдались повышенные расходы почти одновременно на всех основных притоках нижнего бьефа — реках Иркут, Китой, Белая и др. Наиболее опасно такое совпадение в августе–сентябре (период завершения наполнения водохранилища). В этом случае при экстремально высокой водности последствия могут быть катастрофическими. Масштабы затопления в нижнем бьефе в этих условиях составят сотни гектаров со значительным ущербом для социальных, производственных объектов и инфраструктуры.

В Институте систем энергетики СО РАН для предварительной оценки рисков возможного затопления и выхода уровня оз. Байкал за границы метрового диапазона было выполнено моделирование режимов регулирования Иркутского водохранилища (оз. Байкал) [18]. По предложенному в ПИВР-2013 диспетчерскому графику (основной вариант), базирующемуся на статистических данных о притоке за 1903–2014 гг. при условии непревышения расходов в нижнем бьефе 2800–3600 м³/с и обязательном обеспечении внутригодовых (сезонных) требований других водопользователей и водопотребителей, были определены расчетные значения амплитуды колебаний для каждого года рассматриваемого периода. Для сопоставимости показателей до и после строительства Иркутского гидроузла (в естественных условиях и в период зарегулирования) принято условное допущение, что ИГЭС была построена уже в начале XX в. и к 1 мая 1903 г. уровень водохранилища (оз. Байкал) находился на отметке 456 м.

В названных модельных условиях выход за границы метрового диапазона происходит в 38 % случаев, в том числе превышение верхней границы диапазона (457 м) отмечается 40 раз, или с вероятностью 36 %, а выход за нижнюю границу (456 м) — два раза (2 %) (см. рис. 1). Превышение (снижение) отметок при этом составляет от 1 до 71 см, а продолжительность превышения (снижения) — от 1 до 163 дней при среднем периоде превышения (снижения) 51 день. Ослабление ограничения расходов в нижнем бьефе до 3600 м³/с незначительно уменьшает риски превышения верхней границы метрового диапазона (до 30 %).

В итоге в условиях, когда приток воды в Байкал даже незначительно превышает средние многолетние значения и выполняются действующие Постановление-2001, ПИВР и требования водопользователей и водопотребителей по регулированию уровня воды в водохранилище (оз. Байкал) и расходам воды через гидроузел, существует высокий риск затопления в нижнем бьефе ИГЭС. Еще более высок потенциальный риск ущерба в нижнем бьефе в экстремально маловодные периоды, что наглядно показал 2014 г.

Таким образом, требования водопользователей и водопотребителей, в том числе экологические и социально-экономические, при колебаниях уровня Байкала в диапазоне 1 м могут обеспечиваться только в условиях средней водности или близких к среднемуголетним значениям. За пределами этих условий выполнение требований невозможно без значительного ущерба.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Как уже отмечалось, еще до принятия Постановления-2001 на основании ряда исследований по влиянию уровней, амплитуды и динамики колебаний уровня воды на экосистему Байкала [8–11] были сформулированы так называемые экологические требования. Специальных исследований по влиянию уровня режима на экосистему озера с количественными оценками и результатами мониторинга не проводилось. Требования основываются главным образом на эмпирических наблюдениях и сводятся к следующим положениям:

- необходимо соблюдать уровень режим озера максимально приближенным по своим динамическим характеристикам к естественным условиям до зарегулирования, а ИГЭС должна выполнять преимущественно функции обеспечения природного режима колебаний уровня Байкала;
- весенний минимум уровня озера должен приходиться на середину апреля;
- в мае–июне повышение уровня должно составлять не менее 15–45 см (не менее 15–20 см в месяц), но не должно превышать 1 см в сутки;
- осенний максимум уровня не должен выходить за пределы третьей декады сентября;
- с сентября по декабрь снижение уровня должно составлять не менее 40–60 см (не менее 10–15 см в месяц).

Приоритетность экологических требований при регулировании уровня Байкала не подвергается сомнению, однако ряд вопросов нуждается в уточнении. Прежде всего, непонятны сами определения «естественных условий до зарегулирования» и «природного режима колебаний уровня Байкала». Как видно из вышеизложенного анализа, это очень широкие категории. В естественных условиях наблюдались разные динамические характеристики уровня Байкала — как внутригодовые, так и многолетние, в зависимости от водности рассматриваемого года или периода (средний, многоводный, маловодный). Можно предположить, что авторы данных экологических требований имеют в виду средние (среднемноголетние) условия, но тогда непонятно, что делать в те совсем не редкие годы, которые не относятся к средним. То же касается и других требований — по срокам наступления минимальных и максимальных значений уровня, его сезонной, месячной и суточной динамике. Как быть с влиянием природообусловленных факторов, действующих внутри одного водохозяйственного сезона?

Так, в 2003 г. в условиях низкого притока уровень водохранилища (оз. Байкал) в течение трех месяцев повысился всего на 15 см, в этот период в мае и июне даже наблюдалось его незначительное падение. В 1972 г. с первой декады апреля по первую декаду июля включительно уровень Байкала вообще оставался неизменным (456,10 м), временами снижаясь внутри данного периода. В 1973 г. в условиях высокой водности отметка НПУ (457 м) была достигнута уже в первой половине августа, и хотя во второй половине августа и сентябре осуществлялись холостые сбросы, а высокие расходы через гидроузел (около 3000 м³/с и выше) продолжались до конца года, начать снижение уровня удалось только в конце первой декады октября, после достижения отметки 457,41 м. Примеры можно продолжить.

Если в многоводные периоды для выполнения данных экологических требований можно теоретически увеличить сброс в нижний бьеф до предельных проектных уровней, то в условиях экстремального маловодья даже полная остановка Иркутской ГЭС и отсутствие попусков в нижний бьеф не смогут обеспечить эти требования. При этом следует иметь в виду, что для нижнего бьефа существуют свои экологические требования, предусматривающие минимальные санитарные попуски (1300 м³/с), учитывающие условия, предъявляемые к водозаборам, по количеству и качеству воды, обеспечивающие нормальное водоснабжение населения, социальной сферы и промышленных предприятий. Есть еще и сезонные требования других водопользователей (водный транспорт и др.). В этой связи предлагаемые экологические требования представляют собой некие идеальные модельные условия, значительно более комфортные по сравнению с ранее наблюдаемыми в естественных условиях. Тем не менее в большинстве случаев выполнение требований технически возможно. Вопрос — какой ценой? Здесь смущает односторонний, не комплексный подход.

Учитывая важность экологических требований для сохранения экосистемы Байкала, при их уточнении и доработке необходимо провести комплексный сопряженный экологический и гидрометеорологический мониторинг уровня режима озера.

Байкал, Иркутский гидроузел и нижний бьеф представляют собой единую взаимосвязанную природно-техническую и социально-экономическую систему, влияющую на огромную территорию от дельты Селенги до низовий Енисея. Поэтому при регулировании уровней и управлении режимами водохранилищ ГЭС следует максимально учитывать интересы всех участников, регионов, водопользователей и водопотребителей. Возможности и необходимые ресурсы для этого имеются.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ

Проблемы регулирования уровня Байкала и расходов воды в нижнем бьефе ИГЭС не являются уникальными в мировой практике. Аналогичные задачи решаются и в других странах. Один из таких примеров — опыт регулирования уровня оз. Онтарио и р. Святого Лаврентия [11, 22, 23].

Озеро Онтарио расположено на границе США и Канады, из него вытекает р. Святого Лаврентия, как Ангара из Байкала. В 1960 г. была построена и запущена в эксплуатацию ГЭС Мозес-Сандерс, являющаяся, как и Иркутская ГЭС, верхней ступенью каскада гидроэлектростанций. ГЭС находится примерно в 100 км от истока р. Святого Лаврентия, ближайший крупный город в нижнем бьефе — Монреаль. После строительства ГЭС оз. Онтарио, как и Байкал, стало основной частью водохранилища, с более высоким уровнем регулирования и сходной с Байкалом призмой (около 1,2 м). В связи с изменением естественного водного режима озера и реки их регулирование осуществлялось в соответствии с Планом 1958 DD — аналогом российских ПИВР.

К концу 1990-х гг. отмечалось негативное воздействие регулирования уровня на прибрежные экосистемы озера и реки (исчезновение заливных лугов, зарастание мелководий, затруднение доступа к нерестилищам массовых и редких видов рыб и др.), при активном участии общественных организаций был определен приоритет экологических и социальных требований.

В 2001 г. было принято решение о необходимости разработки новых правил (плана) регулирования. Международная группа по оз. Онтарио и р. Святого Лаврентия при поддержке правительств США и Канады приступила к исследованию стоимостью 20 млн долл., которое продолжалось в течение пяти лет. В нем участвовали около 200 экспертов — научных работников, представителей местных органов власти и различных обществ в области гидроэнергетики, туризма, судоходства, охраны природы и др.

Первая редакция плана с тремя альтернативными вариантами (А, В и D) обсуждалась в 2006–2008 гг. В течение последующих трех лет единая межправительственная рабочая группа с участием общественных организаций дорабатывала и обсуждала с населением оптимальный план. В частности, отдельными рабочими группами были подготовлены доклады по требованиям к водному режиму важнейших водопользователей (гидроэнергетика, судоходство и др.). Эти данные использовались межправительственной рабочей группой (в нее входили эксперты из Корпуса армейских инженеров США и Агентства экологии Канады) для расчетов и моделирования возможных режимов регулирования (с оценкой социально-экономических и экологических последствий) и выбора оптимальных вариантов, а также разработки технических и административных регламентов.

В январе 2012 г. на публичное рассмотрение был вынесен новый План Vv7. В течение года он обсуждался и комментировался, проходил общественные слушания и экспертизы. В утвержденном Плане Vv7 предлагается немного уменьшить среднесуточный диапазон внутригодовых колебаний уровня воды для нормальных условий водности. При этом расширяется диапазон колебаний в случаях экстремальной водности: на 21 см при минимальной и на 7 см при максимальной. Динамика изменения уровней воды стала более приближенной к естественной.

В результате выполненных исследований создана база данных о системе озеро–река–ГЭС–прибрежная экономика. Для анализа и мониторинга состояния экосистем выбрано 32 наиболее надежных индикатора, позволяющих оценивать реакцию экосистем на разные условия регулирования водных режимов. Также создана информационная система, объединяющая данные о воздействии уровня воды и волн на условия судоходства, береговую линию, скорости эрозии. Получены характеристики каждого участка побережья, включая границы зон затопления, кадастровые данные по всей прибрежной недвижимости. Это позволяет точнее предсказывать угрозы затоплений на участках побережья при различных условиях водности и режимах регулирования.

План Vv7 минимизирует риски вредного воздействия вод на прибрежные территории (экосистемы, жителей и отрасли экономики). В составе Плана Vv7 разработаны два регламента — Порядок принятия решений (ППР) и Порядок действий в исключительных ситуациях (ПДИС). ППР, аналог наших ПИВР, определяет правила регулирования в любых условиях, за исключением экстремальных ситуаций (условия экстремальной водности, аварии на ГЭС и в энергосистемах, проводка караванов судов, ледяные заторы на реках, прочие антропогенные и природные катастрофы). ПДИС детально предписывает, как действовать в этих ситуациях и как в кратчайшие сроки с минимальным ущербом вернуть систему в диапазон действия регулярных правил (ППР).

Наши политические, социально-экономические и природные условия существенно отличаются от условий США и Канады, однако разумное использование этого опыта может быть весьма полезным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существующее законодательство и система регулирования уровня Байкала позволяют в целом обеспечивать требования водопользователей и водопотребителей в периоды со средними и близкими к ним условиями водности, но не отвечают устойчивому, безопасному функционированию объектов водохозяйственного комплекса и прилегающих территорий в периоды экстремальной водности.

При соблюдении приоритета сохранения уникальной экосистемы Байкала должен использоваться комплексный подход, не ущемляющий интересы различных участников водохозяйственного комплекса и не создающий угрозу безопасности прилегающих территорий, их экологии, экономике и населению.

Объектом исследований и согласований должны стать не только вопросы регулирования уровня озера, но и эффективное функционирование и развитие единой природно-технической и социально-экономической системы бассейнов Байкала и Ангары.

Следует уточнить понятие нормальных (средних) условий водности, определить более точные количественные характеристики — возможного диапазона отклонения показателей водности (годового, сезонного, квартального, месячного, декадного притока воды в Байкал) от их среднемноголетних значений (10; 15 % или более), состояния водохранилища и нижнего бьефа (уровней и расходов) в каждый временной интервал. Это позволит заблаговременно оценить границы выхода за уровень среднемноголетних значений и перехода в экстремальные условия и уточнить амплитуду допустимых колебаний в нормальных условиях.

Для периодов экстремальной водности необходимо разработать специальный Регламент регулирования уровня оз. Байкал в условиях экстремальной водности. Разработке Регламента и последующих изменений ПИВР и Постановления-2001 должно предшествовать комплексное исследование возможных режимов регулирования уровня Байкала с оценкой экологических и социально-экономических последствий, потенциальных рисков, моделированием сценариев и выбором оптимальных вариантов. Работы необходимо сопровождать мониторингом влияния регулирования уровня воды на экосистему озера, прилегающие территории Байкала, зону водохранилища и нижнего бьефа.

Выполнение данных исследований займет несколько лет (см. международный опыт). Потребуется привлечение большого количества экспертов разного профиля, включая экологов, биологов, гидрологов, энергетиков, экономистов, юристов и др., с участием представителей субъектов РФ (Иркутской области и Республики Бурятия), министерств и ведомств. Для координации работ и согласования результатов целесообразно создание рабочей группы в составе Межведомственной комиссии по вопросам охраны оз. Байкал при Минприроды России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проект «Правил использования водных ресурсов Иркутского водохранилища и озера Байкал». — М.: Изд-во Моск. ун-та природообустройства, 2013. — 168 с.
2. Основные правила использования водных ресурсов водохранилищ Ангарского каскада ГЭС (Иркутского, Братского и Усть-Илимского). — М.: Изд. М-ва мелиорации и водного хозяйства РСФСР, 1988. — 65 с.
3. Иркутская гидроэлектростанция на р. Ангаре: Техн. проект. — М.: Изд-во Моск. отд-ния Ин-та «Гидроэнергопроект», 1951. — 80 с.
4. Иванов Н. Н. Гидроэнергетика Ангары и природная среда. — Новосибирск: Наука, 1991. — 128 с.
5. Безруков Л. А., Никольский А. Ф. Экономическая оценка ущерба от негативного воздействия Ангарского каскада ГЭС на природу, хозяйство и население Иркутской области // География и природ. ресурсы. — 1995. — № 1. — С. 125–134.
6. Безруков Л. А., Савельев В. А., Никольский А. Ф., Подковальников С. В. Байкал и гидроэнергетика: экология и экономика // География и природ. ресурсы. — 1997. — № 4. — С. 156–166.
7. Савельев В. А. Современные проблемы и будущее гидроэнергетики Сибири. — Новосибирск: Наука, 2000. — 200 с.
8. Гидроэнергетика и состояние экосистемы озера Байкал / Отв. ред. А. К. Тулохонов. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. — 280 с.
9. Мологов В. С. Совершенствование гидравлического режима озера Байкал с учетом экологических требований: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — М.: Изд-во Моск. ун-та природообустройства, 1997. — 27 с.
10. Шапхаев С. Г. Эколого-правовые проблемы регулирования водного режима Байкала Ангаро-Енисейским каскадом ГЭС // Материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. «Реки Сибири и Дальнего Востока». — Иркутск: Изд-во ИРОО «Байкальская экологическая волна», 2013. — С. 19–22.

11. **Материалы** рабочих совещаний экспертов в форме круглых столов. — Улан-Удэ, 13.09.2012, 29–30.01.2013, 19.04.2013 [Электронный ресурс]. — http://www/esstu.ru/depart-ments/bro_baikal.htm (дата обращения 14.06.2013).
12. **Kuznetsova T. I., Bychkov I. V., Batuev A. R., Plyusnin V. M., Ruzhnikov G. M., Khmel'nov A. E.** Structural-typological characteristics and ecological potential of the Baikal regions geosystems // *Geography and Natural Resources*. — 2011. — Vol. 32, Is. 4. — P. 315–322.
13. **Bychkov I. V., Plyusnin V. M., Ruzhnikov G. M., Fedorov R. K., Khmel'nov A. E., Gachenko A. S.** The creation of a spatial data infrastructure in management of regions (exemplified by Irkutsk oblast) // *Geography and Natural Resources*. — 2013. — Vol. 34, Is. 2. — P. 191–195.
14. **Постановление** Правительства РФ от 26.03.2001 № 234 «О предельных значениях уровня воды в озере Байкал при осуществлении хозяйственной и иной деятельности» [Электронный ресурс]. — <http://www.poisk-zakona.ru/154378.html> (дата обращения 11.12.2014).
15. **Федеральный закон** от 01.05.1999 № 94-ФЗ «Об охране озера Байкал» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. — <http://www.base.garant.ru/2157025/> (дата обращения 11.12.2014).
16. **Водный кодекс** РФ от 03.06.2006 № 74-ФЗ [Электронный ресурс]. — <http://www.base.garant.ru/12147594/#help> (дата обращения 11.12.2014).
17. **Протокол** заседания Общественного экологического совета при правительстве Республики Бурятия. — Улан-Удэ, 2014. — 3 июня.
18. **Абасов Н. В., Бережных Т. В., Марченко О. Ю., Никитин В. М., Осипчук Е. Н.** Прогнозирование водности в бассейнах Енисея, Ангары, озера Байкал и моделирование режимов работы ГЭС с учетом трансграничных противоречий // *Материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. «Реки Сибири и Дальнего Востока»*. — Иркутск: Изд-во ИРОО «Байкальская экологическая волна», 2013. — С. 100–103.
19. **Гидрологические** ежегодники: Данные по ежемесячному притоку в оз. Байкал, ежедневным уровням воды. — Иркутск: Изд. Иркут. управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.
20. **Дружинин И. П., Смага В. Р., Шевнин А. Н.** Динамика многолетних колебаний речного стока. — М.: Наука, 1991. — 176 с.
21. **Абасов Н. В., Бережных Т. В., Резников А. П.** Долгосрочный прогноз природообусловленных факторов энергетики в информационно-прогностической системе ГИПСАР // *Изв. РАН. Энергетика*. — 2000. — № 6. — С. 22–30.
22. **International Lake Ontario–St. Lawrence River Study Board.** Options for Managing Lake Ontario and St. Lawrence River Water Levels and Flows: Final Report to the International Joint Commission [Электронный ресурс]. — <http://www.ijc.org/loslr> (дата обращения 15.11.2014).
23. **Klein D. F.** Regulation of levels and flows of Lake Ontario and St. Lawrence river // *Материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. «Реки Сибири и Дальнего Востока»*. — Иркутск: Изд-во ИРОО «Байкальская экологическая волна», 2013. — С. 23–24.

Поступила в редакцию 10 марта 2015 г.