



УДК 556.555.2

DOI <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.24.99>

Современные проблемы регулирования уровня озера Байкал

В. Н. Синюкович, М. С. Чернышов

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск

Аннотация. Рассматриваются проблемы регулирования использования водных ресурсов оз. Байкал, обострившиеся с начала XXI в., после принятия Правительством РФ новых ограничений допустимого диапазона колебаний уровней озера и в связи с аномально низкой увлажненностью в его бассейне с 1996 г. и в особенности в 2014–2015 и 2017 гг. Для оценки степени нарушений уровня озера Байкала после зарегулирования предложено сопоставление наблюдаемых уровней с условно естественными, приведенными к бытовым условиям по доработанной воднобалансовой схеме реконструкции, с использованием альтернативных зависимостей стока из озера и учетом невязки приходно-расходных статей водного баланса. Реконструированные уровни свидетельствуют о более значительной сработке уровня Байкала в 2015–2017 гг., чем это могло быть в бытовых условиях. Характеризуются существующие ограничения показателей водного режима озера, осложняющие назначение оптимального режима стока через Иркутскую ГЭС и соблюдение нормативных требований. Для нижнего бьефа Иркутского гидроузла рассматриваются проблемы ограничения расходов воды по условиям как незатопления хозяйственных объектов, так и обеспечения бесперебойного водо- и теплоснабжения расположенных здесь городов, а также поддержания судоходных глубин. Отмечаются определенные противоречия нормативно-правовых документов, регламентирующих регулирование уровня Байкала, высказывается мнение о недостаточной эффективности существующих правил в условиях аномально высокой и низкой водности и необходимости их корректировки.

Ключевые слова: Байкал, зарегулированный уровень, реконструкция, маловодье.

Для цитирования: Синюкович В. Н., Чернышов М. С. Современные проблемы регулирования уровня озера Байкал // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2018. Т. 24. С. 99–110. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.24.99>

Введение

С начала текущего столетия Постановлением Правительства РФ от 26 марта 2001 г. № 234 «О предельных значениях уровня воды в озере Байкал при осуществлении хозяйственной и иной деятельности» порядок регулирования использования водных ресурсов оз. Байкал был изменен введением ограничения допустимых колебаний его уровня диапазоном 456–457 м в тихоокеанской системе высот (ТО). В действующих на то время Правилах использования водных ресурсов (ПИВР) Иркутского водохранилища и оз. Байкал [Основные правила использования ... , 1988] соответствующий интервал составлял 455,54–457,4 м, т. е. был практически вдвое больше. Выход постановления был связан с принятием закона «Об охране озера Байкал» (1999 г.), но его содержание во многом стало следствием продолжи-

тельных дискуссий по неоднократным и недостаточно обоснованным превышениям (форсировкам) нормального подпорного уровня (НПУ) озера, составляющего 457 м. За весь период зарегулирования форсировки имели место в 17 годах и особенно активно практиковались в 1983–1995 гг. (10 раз), хотя по регламенту ПИВР превышение НПУ предусматривалось лишь при паводках обеспеченностью менее 10 %, т. е. один раз в 10 лет.

С выходом Постановления Правительства РФ № 1667 от 27 декабря 2017 г. «О максимальных и минимальных значениях уровня воды в озере Байкал в 2018–2020 гг.» форсированные уровни озера уже не предполагались, но столь радикальное сужение диапазона регулирования стало предметом новых дискуссий, касающихся главным образом невозможности «удержания» уровня в установленных границах в случае наступления аномально многоводных или маловодных лет. Данная проблема усугублялась несоответствием как норм, указанных в действующих ПИВР, новым предельным значениям уровней, так и собственно правил новым требованиям к их разработке. Несмотря на предпринимаемые усилия по совершенствованию ПИВР, эта работа еще не завершена, и существующий порядок регулирования оказался не способен адекватно отреагировать на произошедшее снижение приточности в озеро, в результате чего уровень Байкала с 2015 г. ежегодно на 10–29 см выходил за нижнюю допустимую отметку 456 м. В этих условиях Правительством РФ принимались краткосрочные решения по использованию водных ресурсов Байкала и в последнем постановлении № 1667 (на 2018–2020 гг.) установленный нижний предельный уровень составляет уже 455,54 м, т. е. соответствует отметке, существовавшей до 2001 г.

Перечисленные нюансы указывают на проблематичность соблюдения устанавливаемых ограничений уровня оз. Байкал и необходимость более тщательного их обоснования с учетом особенностей поступления воды в оз. Байкал. Вместе с доработкой ПИВР это позволит и минимизировать наступление неблагоприятных для экосистемы Байкала экстремальных уровней в будущем.

Рассмотрение негативных факторов при назначении и реализации порядка регулирования уровня оз. Байкал и составляют цель настоящей статьи.

Методика исследований и исходные материалы

Глобальное потепление сопровождалось трансформацией водного режима многих крупных озер планеты, в том числе Великих американских озер [Changton, 2004; Lake Ontario and ... , 2014], озер Виктория в Африке [Sutcliff, Parks, 1995], Урмия в Иране [Zoljoodi, Didevarasl, 2014] и пр. Как и в других водоемах, в Байкале одновременно с уровнем изменялись ледово-термический режим и некоторые внутриводоемные процессы [The ice regime ... , 2007; Climate Change and ... , 2013]. Наиболее распространенным способом оценки произошедших изменений водного режима зарегулированных водных объектов является сопоставление соответствующих показателей в естественных (бытовых) и нарушенных условиях, однако достоверность полученных таким образом результатов в условиях нестабильности климата может существенно снижаться. Для Байкала, с этих позиций, более

объективным представляется сравнение зарегулированных уровней не с их прошлыми значениями, а с теми, которые могли бы наблюдаться в современных условиях климата в отсутствие подпора от плотины Иркутской ГЭС. Имеющийся опыт расчета таких условно естественных уровней [Савельев, 2000; Sinyukovich, 2005] подтверждает возможность получения более детальных и достоверных оценок степени произошедших нарушений уровня режима Байкала в конкретные периоды регулирования. Схожий принцип позволяет и, наоборот, моделировать гипотетические зарегулированные уровни озера в годы естественного режима [Озеро Байкал: риски ... , 2016; Level regime regulation ... , 2017].

В качестве основного инструмента восстановления естественных уровней нами принята воднобалансовая схема их реконструкции [Sinyukovich, 2005], реализующая расчет помесечных изменений уровня от его начального (H_0) значения к конечному (H_k) в соответствии с приходом и расходом воды в озере. Для повышения точности расчетная схема была дополнена нами соответствующим значением невязки баланса (S), которая в основном положительна и в отдельные месяцы достигала $2,59 \text{ км}^3$, или 8 см уровня. Ее введение позволяет уменьшить погрешность расчетов, связанную с дисбалансом прихода-расхода воды в озере, который при постоянной невязке одного знака способствует накоплению ошибки. С учетом невязки расчетное выражение приобретает вид:

$$H_k = H_0 + Y_1 + X - Y_2 - Z - S, \quad (1)$$

где Y_1 и X – приток в озеро и осадки, Y_2 и Z – сток из озера и испарение. Используются месячные значения элементов баланса, выраженные высотой слоя.

Для восстановления естественных уровней после зарегулирования по этой схеме используются текущие значения элементов водного баланса, за исключением стока из озера (Y_2), который мог бы быть в современный период при естественном (более низком) уровне. Для его нахождения принята связь стока с уровнем озера $Y_2 = f(H)$ в бытовых условиях. Устойчивость русла в истоке р. Ангары, прорезающего коренные породы, определяет и стабильность указанной связи, позволяя использовать ее в течение длительного времени.

Если в [Sinyukovich, 2005] для этого применялась полиномиальная аппроксимация связи расходов р. Ангары в истоке и уровней озера у ст. Байкал КБЖД за 1956–1958 гг., то в некоторых подобных исследованиях искомые зависимости принимаются линейными [Sutcliff, Parks, 1995; Frolov, Yuguchalkina, 2017]. В действующих и разрабатываемых ПИВР зависимости $Y_2 = f(H)$ также несколько отличаются, и важно было знать, какая из них более достоверная. Для проверки были использованы три разные кривые:

- 1) построенная нами по сведениям о расходах воды р. Ангары в истоке и уровнях оз. Байкал за 1950–1957 гг.;
- 2) из проекта Иркутской ГЭС [Иркутская гидроэлектростанция на ... , 1951];
- 3) из проекта ПИВР [Правила использования водных ... , 2013].

Для расчетов и анализа в работе применялись воднобалансовые составляющие Байкала и его уровни по данным [Афанасьев, 1960] и ФГБУ «Иркутское УГМС» Росгидромета.

Результаты и обсуждение

На первом этапе была выполнена верификация реконструированных по выражению (1) уровней с использованием трех указанных выше кривых $Y_2=f(H)$. Для этого рассчитанные по данным [Афанасьев, 1960] о месячных элементах водного баланса озера за 1950–1957 гг. условно естественные среднемесячные уровни с использованием каждой из кривых сопоставлялись с фактическими значениями уровней. Результаты для всех вариантов расчетов получились достаточно схожими и до 1958 г. хорошо согласуются с наблюдаемыми уровнями – средняя квадратическая ошибка расчетов с использованием разных кривых составила от 2,2 до 2,6 см (без учета невязки – от 3,8 до 4,1 см). Это подтверждает достоверность рассмотренных зависимостей $Y_2=f(H)$ и приемлемость их практического использования, но для дальнейших расчетов нами принята первая из них как имеющая наименьшую погрешность расчетов (2,2 см).

Сопоставление фактических и реконструированных с использованием этой кривой уровней показывает, что максимальная ошибка расчетов за 1950–1957 гг. достигала 7 см. Отчетливо видно (рис. 1), что с августа 1958 г. разница между наблюдаемыми и условно естественными уровнями уже превышала эту величину и продолжала нарастать, в связи чем август-сентябрь 1958 г. достаточно уверенно можно считать началом выклинивания подпора на Байкале, т. е. началом зарегулирования водного режима озера. В декабре 1958 г. превышение наблюдаемых значений уровня над восстановленными уже составляло 17 см и продолжало расти, достигнув к концу 1959 г. 30 см. В октябре 1960 г. он составлял уже 456,8 м, т. е. был лишь на 20 см ниже НПУ и на 68 см выше реконструированного.

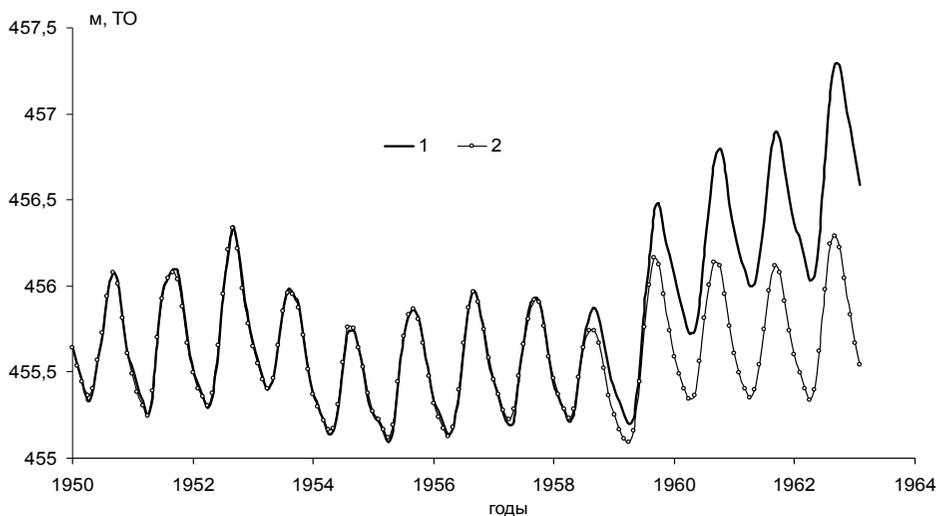


Рис. 1. Наблюдаемые (1) и условно естественные (2) уровни оз. Байкал в период 1950–1963 гг.

Не останавливаясь на дальнейших особенностях динамики подпорных и реконструированных уровней, отметим только, что в 1962 г. произошла первая форсировка уровня озера (на 34 см выше НПУ), а разница с условно естественными уровнями возросла до 1,2 м. В 1980–1983 гг., когда озеро сбрасывалось ниже уровня мертвого объема (УМО), составляющего 455,54 м, она значительно снизилась. В апреле 1982 г. был зафиксирован наинизший за все годы зарегулированного режима уровень, составляющий 455,27 м, а разница между наблюдаемыми и приведенными к бытовым условиям уровнями сократилась до 15–20 см. Внутри года зарегулированные и реконструированные уровни изменялись достаточно синхронно, свидетельствуя о сохранении общих черт внутригодового режима наполнения и сброски озера.

С начала XXI в. средний уровень водоема в соответствии с постановлением¹ ни разу не превышал 457 м и до 2015 г. не опускался ниже 456 м благодаря «мягкому» (неглубокому) маловодью в бассейне оз. Байкал, продолжающемуся с 1996 г. и сопровождающемуся несколько пониженными или близкими к средним значениям величинами притока речных вод в озеро (примечательно, что с этого времени происходит и резкое снижение уровня оз. Урмия в Иране). Однако в 2015–2017 гг. из-за аномально низкого стока в байкальском бассейне поддерживать уровень в установленных границах не удалось, и к началу весеннего наполнения озера в эти годы он на 10–29 см опускался ниже 456 м. Избежать этого можно было, только существенно снизив сток через Иркутский гидроузел, что чрезвычайно бы осложнило водохозяйственную обстановку в нижнем бьефе ГЭС, в первую очередь водопроводящих сооружений расположенных на р. Ангаре городов – Ангарска, Усоля-Сибирского и Черемхово.

При сравнении хода наблюдаемых и приведенных к естественным условиям уровней до 2001 г. становится видна приуроченность наибольшей разницы между ними в многоводные периоды и годы форсировок, а внутри отдельных лет – в зимние месяцы [Савельев, 2000; Sinyukovich, 2005]. В среднем за 1960–2000 гг. зарегулированные уровни были выше условно естественных на 70 см, а в сравнении с наблюдаемыми до 1958 г. – на 80 см.

С начала XXI в. превышение фактических уровней над приведенными оставалось достаточно стабильным и до 2014 г. в среднем составляло 77 см, изменяясь внутри отдельных лет от 56 до 93 см (таблица, рис. 2). В дальнейшем, после выхода наблюдаемых уровней на отметки ниже 456 м, оно стало уменьшаться и в 2016 г. в среднем составляло уже только 56 см. Это говорит о том, что в естественных условиях снижение уровня было бы меньше, чем в реальности, а следовательно, меньшим бы был и сток из озера. Кроме того, в целом для зарегулированных уровней характерна более высокая амплитуда колебаний, чем для реконструированных. Это отражает практикуемую специфику регулирования – более интенсивное аккумулярование воды осенью и более глубокою сброску весной.

Таблица

Показатели уровня оз. Байкал по наблюдаемым и реконструированным (в скобках) среднемесячным значениям

Год	Средний уровень, м ТО	Высота подъема, м	Высота спада*, м	Превышение наблюдаемых уровней над приведенными, м	
				Среднее значение	Предел изменений
2001	456,50 (455,79)	0,86 (0,80)	0,83 (0,79)	0,71	0,57–0,82
2002	456,42 (455,74)	0,64 (0,66)	0,68 (0,76)	0,68	0,56–0,80
2003	456,33 (455,58)	0,65 (0,57)	0,58 (0,53)	0,75	0,64–0,84
2004	456,51 (455,74)	0,78 (0,73)	0,80 (0,71)	0,77	0,67–0,85
2005	456,48 (455,69)	0,72 (0,61)	0,72 (0,72)	0,79	0,68–0,93
2006	456,50 (455,67)	0,78 (0,81)	0,72 (0,69)	0,83	0,74–0,91
2007	456,47 (455,67)	0,59 (0,57)	0,68 (0,7)	0,80	0,67–0,89
2008	456,48 (455,67)	0,84 (0,86)	0,81 (0,70)	0,81	0,69–0,88
2009	456,50 (455,75)	0,80 (0,67)	0,78 (0,70)	0,75	0,60–0,87
2010	456,47 (455,70)	0,65 (0,60)	0,65 (0,63)	0,77	0,64–0,87
2011	456,44 (455,65)	0,65 (0,59)	0,69 (0,65)	0,79	0,68–0,89
2012	456,47 (455,69)	0,82 (0,81)	0,81 (0,70)	0,78	0,71–0,86
2013	456,45 (455,72)	0,72 (0,60)	0,67 (0,60)	0,73	0,63–0,88
2014	456,35 (455,61)	0,42 (0,45)	0,67 (0,64)	0,74	0,61–0,88
2014	456,10 (455,44)	0,41 (0,41)	0,57 (0,43)	0,66	0,60–0,74
2016	456,07 (455,51)	0,75 (0,69)	0,56 (0,56)	0,56	0,45–0,65
Среднее	456,41 (455,66)	0,69 (0,65)	0,71 (0,66)	0,74	0,63–0,85

* Спад продолжается с осени расчетного года до весны следующего.

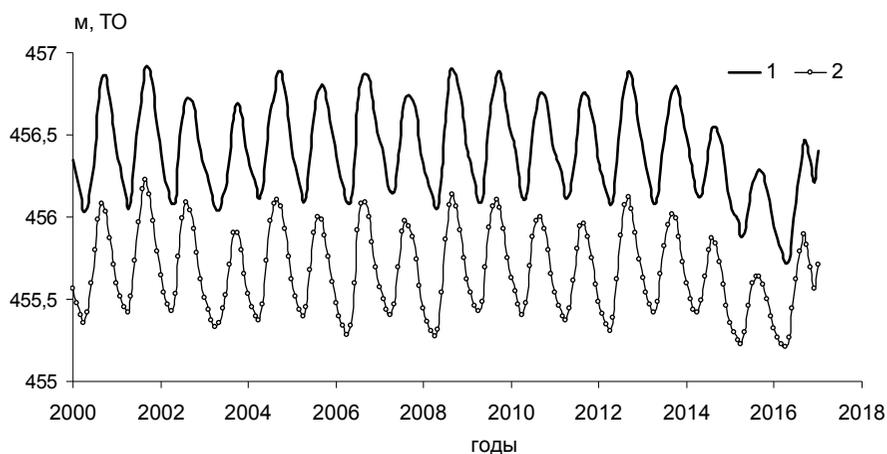


Рис. 2. Динамика наблюдаемых (1) и условно естественных (2) уровней оз. Байкал с начала XXI в.

Последние обстоятельства объясняют претензии, очевидно не лишённые оснований, некоторых специалистов и заинтересованных водопользователей к неоправданно высоким, по их мнению, попускам воды через Иркутскую ГЭС весной 2014 г. Однако они могут быть справедливыми только в отношении расходов воды в мае (среднее значение – 1990 м³/с), отчасти

оправданных недостаточной предполоводной сработкой полезной емкости (годовой минимум уровня составлял 456,12 м). Далее, в июне-августе сток был значительно ниже и составлял 1500–1560 м³/с, т. е. был близким к гарантированным судоходным попускам, обеспечивающим навигацию (май – октябрь) на р. Ангаре от г. Иркутска до Братского водохранилища. В соответствии с [Основные правила использования ... , 1988] минимальные навигационные попуски составляют 1500 м³/с, а по проекту ПИВР [Правила использования водных ... , 2013] они должны быть не менее 1700 м³/с (следует отметить, что с 1996 г. в условиях пониженной и средней водности навигационные попуски не обеспечивались только в 2003 г.). С октября 2014 г. работа Иркутской ГЭС уже более трех лет осуществляется с минимально возможными расходами воды 1250–1300 м³/с.

Сравнение динамики наблюдаемых и реконструированных уровней показывает, что в естественных условиях падение уровня к концу 2014 г. было бы всего на 3–5 см меньше, чем имело место в действительности. Это согласуется с выводами [Бычков, Никитин, 2015], что при экономичном режиме пропуска воды через Иркутскую ГЭС (при надежном заблаговременном прогнозе снижения притока) к маю 2015 г. падение уровня могло быть меньше произошедшего на 6 см.

То, что интересы гидроэнергетики в условиях низкой водности оказались не на первом месте, указывает на определенную смену приоритетов при использовании водных ресурсов оз. Байкал. Правда, принятый режим экономии вод был продиктован в первую очередь необходимостью исполнения постановлений Правительства РФ в части уменьшения сработки уровня Байкала и быстрейшего его возвращения на отметки выше 456 м (в 2015 г. восстановление уровня до этого горизонта было достигнуто 5 июня, а в 2016 г. из-за более глубокой сработки значительно позже – 29 июня). Кроме того, такой подход изменяет и принципы комплексности использования водных ресурсов Иркутского водохранилища и оз. Байкал, так как во главу угла теперь поставлено соблюдение требований по поддержанию нормативных уровней воды в озере.

В новом постановлении от 26 марта 2001 г. № 234 нижний предельный уровень 456 м предусматривается для средних по условиям водности лет, однако это будет не всегда выполнимо. Так, если в маловодный год уровень будет сработан ниже нормативной отметки, например, на 30 см, то только на заполнение сработанной емкости до возвращения на искомый горизонт потребуется порядка 10 км³ воды. Остальной объем поступивших в озеро вод должен обеспечить сток через Иркутскую ГЭС в размере не менее 1250–1300 м³/с (экономичный режим), или еще около 40 км³, т. е. общий годовой приход воды (с учетом испарения с поверхности озера) должен быть не ниже 50 км³. Если же после маловодья уровень будет находиться на самой нижней предельной отметке (455,54 м), то и полезный приток должен будет быть не менее 54,5 км³, а при соблюдении гарантированных навигационных попусков в нижнем бьефе Иркутской ГЭС – не ниже 60 км³.

Сразу отметим, что с 2001 г. полезный приток все время был меньше указанного объема, следовательно, выполнение постановления 2018 г. в условиях средней водности после падения уровня ниже отметки 456 м может быть обеспечено только через один-два года и более в зависимости от увлажненности этих лет. Особенности же увлажнения в регионе с конца XX в. как раз и отличаются отсутствием лет повышенной водности и усугубляют проблемы регулирования использования водных ресурсов оз. Байкал. В соответствии с внутривековой цикличностью в 20–28 лет [Афанасьев, 1976; Озеро Байкал: риски ... , 2016] начавшийся в 1980 г. цикл приточности в озеро должен был завершиться в 2007–2008 гг., однако низкая водность последующих лет указывает на его продолжение, что больше согласуется с климатическими ритмами в 30–60 лет [Jaagus, 2017], или на растянутый переход к следующему циклу. Надежных прогнозов притока пока нет.

Еще одна сложность регулирования стока из оз. Байкал состоит в фигурирующем во всех нормативных документах максимальном попуске воды через Иркутскую ГЭС 6000 м³/с, хотя таких расходов воды за всю историю существования Иркутского гидроузла не было ни разу. В настоящее время по условиям незатопления объектов в нижнем бьефе ГЭС максимальный расход воды р. Ангары составляет уже только 3200–3400 м³/с [Савельев, 2000; Озеро Байкал: риски ... , 2016; Level regime regulation ... , 2017]. В случае прохождения высоких паводков на р. Иркут, впадающей в Ангару в пределах г. Иркутска, затопление пойменной части р. Ангары начинается значительно раньше. Следовательно, в аномально многоводные годы ограничения стока через Иркутский гидроузел повышает риск выхода уровня озера за отметку выше 457 м. Наглядным примером в этом плане служит 1973 г. [Синюкович, 2016], когда аномально высокий приток в озеро (92,2 км³) способствовал подъему уровня на 1,8 м. Ввиду расширения застройки побережья Байкала в зоне переменного подпора в отсутствие форсировок угроза затопления хозяйственных объектов возникает теперь при менее высоких подъемах уровня, чем это было раньше. В то же время постановлением 2018 г. форсировка уровня озера в многоводные годы, наоборот, увеличена и теперь регламентирована отметкой 457,85 м, что сопряжено с угрозой затопления новых территорий, находящихся за пределами зоны переменного подпора.

Резюмируя сказанное, очевидно, следует согласиться с мнением [Бычков, Никитин, 2015] о том, что практикуемые с 2001 г. ограничения уровня оз. Байкал не позволяют принимать адекватных мер при наступлении экстремально маловодных и многоводных периодов. Вероятность продолжения маловодья в бассейне Байкала, по некоторым сценариям [Arnell, 1999; Arnell, van Vuuren, Isaac, 2011], достаточно высока, в особенности во второй половине XXI в., в то время как ожидаемое повышение увлажнения региона, по более ранним прогнозам [Climate Change 2001 ... , 2001], не подтверждается. Опыт решения проблем регулирования уровня оз. Онтарио, учитывающий разные условия водности и интересы водопользователей [Lake Ontario and ... , 2006], показывает реалистичность их разрешения и для оз. Байкал. Если же необходимые меры не будут предприняты в

ближайшее время, то при повторении подобных ситуаций в будущем проблемы также будут решаться в режиме ручного управления. При выработке более рационального регламента регулирования уровня озера следует исходить из того, что его параметры должны учитывать экстремальные периоды водности, содержать разработанный порядок действий в конкретных ситуациях, предусматривающий наиболее оптимальные варианты выхода из них.

Заключение

Таким образом, основные сложности регулирования уровня и использования водных ресурсов оз. Байкал в XXI в. связаны в первую очередь с длительным маловодным периодом, продолжающимся с 1996 г., и особенно низкой водностью в 2014–2015 и 2017 гг. Другими немаловажными факторами являются несоответствие ПИВР принятому в 2001 г. постановлению Правительства РФ о предельных уровнях озера, а также новые ограничения (по факту) попусков через Иркутскую ГЭС как по условиям незатопления хозяйственных объектов в нижнем бьефе, так и необходимости обеспечения бесперебойного водо- и теплоснабжения расположенных здесь городов.

Следствием перечисленных обстоятельств стало падение уровня озера ниже установленного предельного значения, снижение выработки электроэнергии на каскаде ангарских ГЭС, ухудшение условий судоходства на р. Ангаре ниже г. Иркутска, рост напряженности водообеспечения населения и промышленности в нижнем бьефе Иркутского гидроузла и др. Реконструированные условно естественные уровни свидетельствуют о более значительной сработке уровня Байкала в 2015–2017 гг., чем это могло быть в бытовых условиях. Все это указывает на необходимость совершенствования порядка регулирования использования водных ресурсов озера, в особенности в аномально маловодные и многоводные периоды.

Работа выполнена в рамках госзадания ЛИН СО РАН, тема № 0345-2016-0008 (АААА-А16-116122110065-4).

Список литературы

- Афанасьев А. Н.* Водный баланс оз. Байкал // Исследования гидрологического режима Байкала. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1960. С. 155–241.
- Афанасьев А. Н.* Водные ресурсы и водный баланс бассейна оз. Байкал. Новосибирск : Наука, 1976. 238 с.
- Бычков И. В., Никитин В. М.* Регулирование уровня озера Байкал: проблемы и возможные решения // География и природные ресурсы. 2015. № 3. С. 5–16.
- Иркутская гидроэлектростанция на р. Ангаре. Технический проект. Т. 1. Природные условия. Ч. 2: Гидрологический очерк. М. : Моск. отд. Ин-та Гидроэнергoproект, 1951. 220 с.
- Озеро Байкал: риски маловодных и многоводных периодов / В. М. Никитин [и др.] // География и природные ресурсы. 2016. № 5. С. 29–38.
- Основные правила использования водных ресурсов водохранилищ Ангарского каскада ГЭС (Иркутского, Братского и Усть-Илимского). М. : Изд-во М-ва мелиорации и вод. хоз-ва РСФСР, 1988. 65 с.
- Правила использования водных ресурсов Иркутского водохранилища и озера Байкал. Проект. М. : Изд-во Моск. ун-та природообустройства, 2013. 168 с.
- Савельев В. А.* Современные проблемы и будущее гидроэнергетики Сибири. Новосибирск : Наука, 2000. 200 с.

Синюкович В. Н. Проблемы регулирования уровня озера Байкал в условиях аномальной водности // Вод. хоз-во России. 2016. № 1. С. 42–51.

Arnell N. W. Climate change and global water resources // *Global Environ. Change*. 1999. № 9. P. 31–49.

Arnell N. W., van Vuuren D. P., Isaac M. The implications of climate policy for the impacts of climate change on global water resources // *Global Environ. Change*. 2011. Vol. 21, N 2. P. 592–603. DOI: [org/10.1016/j.gloenvcha.2011.01.015](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.01.015).

Changnon S. A. Temporal behavior of levels of the Great Lakes and climate variability // *Great Lakes Res.* 2004. Vol. 30, N 1. P. 184–200.

Climate Change 2001. The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC. Summary for Policymakers and Technical Summary, WMO/UNEP, 2001 [Electronic resource]. URL: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/pdf/WG1> (дата обращения 10.04.2018).

Frolov A. V., Vyrychalkina T. Yu. Dynamic-stochastical modeling of long-term fluctuations in Lake Baikal levels and Angara River runoff // *Water Res.* 2017. Vol. 44, Is. 3. P. 380–389. DOI: 10.1134/S0097807817030095.

Jaagus J. Trends and regime shifts in climatic conditions and river runoff // *Earth Syst. Dynam.* 2017. Vol. 8. P. 963–976.

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. 2006 [Electronic resource]. URL: <http://www.ijc.org/loslr/en/library/LOSLR%20Study%20Reports/report-main-e-6KB.pdf> (дата обращения 09.04.2018).

Level regime regulation in Lake Baikal / N. V. Abasov [et al.] // *Water Res.* 2017. Vol. 44, Is. 3. P. 537–546. DOI: 10.1134/S0097807817030022.

Goldman C. R., Kumagai M., Robats R. D. (ed.) Climatic Change and Warming of Inland Waters: Impacts and Mitigation for Ecosystems and Societies. A John Wiley&Sons. Ltd. Publ. 2013. 472 p.

Sinyukovich V. N. Recovery of the Natural Level Regime of Lake Baikal After Construction of the Irkutsk Hydroelectric Power Plant // *Russian meteorology and hydrology*. 2005. N 7. P. 40–46.

Sutcliff J. V., Parks Y. P. The hydrology of Nile // *IASH Special, Publ.* 1995. N 5. 179 p.

The ice regime of Lake Baikal from historical and satellite data: Relation to air temperature, dynamical, and other factors / A.V. Kouraev [et al.] // *Limnol. Oceanogr.* 2007. Vol. 52, N 3. P. 1268–1286.

Zoljoodi M., Didevarasl A. Water-Level Fluctuations of Urmia Lake: Relationship with the Long-Term Changes of Meteorological Variables (Solutions for Water-Crisis Management in Urmia Lake Basin) // *Atmospheric and Climate Sciences*. 2014. N 4. P. 358–368.

Current Problems of the Water Level Control in Lake Baikal

V. N. Sinyukovich, M. S. Chernishov

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk

Abstract. This paper deals with the problems of control of water resources management in Lake Baikal, which have become aggravated since the beginning of the 21st century after approval of new limitations of the permissible range of water fluctuation levels in the lake and due to abnormally low moisture within its basin in 2014–2015 and 2017. To assess the degree of disturbance of the level regime of Lake Baikal after the impoundment, it was suggested to compare the observed levels with the conditionally natural ones calculated for living conditions according to the water balance scheme of the reconstruction. The reconstructed levels indicate more significant discharges of water level through hydroelectric power station in 2015–2017, than it could be in the living conditions. The paper describes factors, which complicate the selection of the regime of runoff control through the Irkutsk Hydropower Station to avoid flooding of economic infrastructure in the downstream water

of the hydrosystem as well as to provide stable water and heat supply of the cities located here. It is suggested that the existing rules of runoff control are ineffective and it is necessary to correct them. Also, the main difficulties in regulating the use of water resources of Lake Baikal in the 21st century are connected primarily with a long low-water period.

Keywords: Lake Baikal, regulated runoff, reconstruction, low water level.

For citation: Sinyukovich V. N., Chernishov M. S. Current Problems of the Water Level Control in Lake Baikal. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2018, vol. 24, pp. 99-110. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.24.99>. (in Russian)

References

Afanasiev A.N. Vodnyj balans oz. Bajkal [Water balance of Lake Baikal]. *Issledovanija gidrologicheskogo rezhima Bajkala* [Studies of the hydrological regime of Lake Baikal]. Moscow, Leningrad, AN SSSR Publ., 1960, pp. 155-241. (in Russian)

Afanasiev A.N. *Vodnye resursy i vodnyi balans basseina ozera Baikal* [Water Resources and Water Balance of the Lake Baikal Basin]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1976, 238 p. (in Russian)

Bychkov I.V., Nikitin V.M. Regulirovanie urovnja ozera Bajkal: problemy i vozmozhnye reshenija [Regulation of the Lake Baikal level: problems and possible solutions]. *Geografija i prirodnye resursy* [Geography and natural resources], 2015, no. 3, pp. 5-16. (in Russian)

Irkutskaja gidroelektrostantsija na r. Angare. Tehnicheskij projekt. T. 1 [Irkutsk hydroelectric power station on the Angara river. Technical project. Vol. 1]. *Prirodnye uslovija* [Natural conditions]. Ch. 2: *Gidrologicheskij ocherk* [Pt. 2: Hydrological abstract]. Moscow, The Moscow branch of the Institute Hidroenergoproekt Publ., 1951, 220 p. (in Russian)

Nikitin V.M., Abasov N.V., Bereznyh T.V., Osipchuk E.N. Ozero Bajkal: riski malovodnyh i mnogovodnyh periodov [Lake Baikal: risks of low-water and high-water periods]. *Geografija i prirodnye resursy* [Geography and natural resources], 2016, no. 5, pp. 29-38. (in Russian)

Osnovnye pravila ispolzovanija vodnyh resursov vodohranilishh Angarskogo kaskada GJeS (Irkutskogo, Bratskogo i Ust-Ilimskogo) [The basic rules for the use of water resources in the reservoir of the Angarsk cascade of hydroelectric power stations (Irkutsk, Bratsk and Ust-Ilimsk). Moscow, Ministry of Land Reclamation and Water Resources of the RSFSR Publ., 1988, 65p. (in Russian)

Pravila ispolzovanija vodnyh resursov Irkutskogo vodohranilishha i ozera Bajkal. Projekt [Rules for the use of water resources of the Irkutsk Reservoir and Lake Baikal. Project]. Moscow, Moscow University of Environmental Engineering Publ., 2013, 168 p. (in Russian)

Saveliev V.A. *Sovremennye problemy i budushhee gidrojenergetiki Sibiri* [Modern problems and the future of hydropower in Siberia]. Novosibirsk Science Publ., 2000, 200 p. (in Russian)

Sinyukovich V.N. Problemy regulirovanija urovnja ozera Bajkal v uslovijah anomalnoj vodnosti [The problem of regulating the level of lake Baikal under conditions of anomalous water availability]. *Vodnoe hozjajstvo Rossii* [Water management in Russia], 2016, no. 1, pp. 42-51. (in Russian)

Arnell N. W. Climate Change and Global Water Resources. *Global Environ. Change*, 1999, no. 9, pp. 31-49.

Arnell N.W., van Vuuren D.P., Isaac M. The Implications of Climate Policy for the Impacts of Climate Change on Global Water Resources. *Global Environ. Change*, 2011, vol. 21, no. 2, pp. 592-603. DOI: [org/10.1016/j.gloenvcha.2011.01.015](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.01.015).

Changnon S.A. Temporal Behavior of Levels of the Great Lakes and Climate Variability. *Great Lakes Res*, 2004, vol. 30, no. 1, pp. 184-200.

Climate Change 2001. The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC. *Summary for Policymakers and Technical Summary*, WMO/UNEP, 2001. Available at: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/pdf/WG1>. (Accessed 10.04.2018).

Frolov A.V., Vyuchalkina T.Yu. Dynamic-Stochastic Modeling of Long-Term Fluctuations in Lake Baikal Levels and Angara River Runoff. *Water Res*, 2017, vol. 44, issue 3, pp. 380-389. DOI: [10.1134/S0097807817030095](https://doi.org/10.1134/S0097807817030095).

Jaagus J. Trends and Regime Shifts in Climatic Conditions and River Runoff. *Earth Syst. Dynam.*, 2017, vol. 8, pp. 963-976.

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. 2006.

Available at: [http://www.ijc.org/loslr/en/library/LOSLR %20Study %20Reports/report-main-e-6KB.pdf](http://www.ijc.org/loslr/en/library/LOSLR%20Study%20Reports/report-main-e-6KB.pdf). (date of access: 09.04.2018).

Abasov N.V., Bolgov M.V., Nikitin V.M., Osipchuk E.N. Level Regime Regulation in Lake Baikal. *Water Res.* 2017, vol. 44, issue 3, pp. 537-546. DOI: 10.1134/S0097807817030022.

Goldman C.R., Kumagai M., Robats R.D. (ed.) Climatic Change and Warming of Inland Waters: Impacts and Mitigation for Ecosystems and Societies. *A John Wiley&Sons. Ltd. Publ.*, 2013, 472 p.

Sinyukovich V.N. Recovery of the Natural Level Regime of Lake Baikal After Construction of the Irkutsk Hydroelectric Power Plant. *Russian meteorology and hydrology*, 2005, no. 7, pp. 40-46.

Sutcliffe J.V., Parks Y.P. The hydrology of Nile. *IASH Special, Publ.*, 1995, no. 5, 179 p.

Kouraev A.V., Semovski S.V., Shimaraev M.N. et al. The ice Regime of Lake Baikal from Historical and Satellite Data: Relation to Air Temperature, Dynamical, and Other Factors. *Limnol. Oceanogr.* 2007, vol. 52, no. 3, pp. 1268-1286.

Zoljoodi M., Didevarasl A. Water-Level Fluctuations of Urmia Lake: Relationship with the Long-Term Changes of Meteorological Variables (Solutions for Water-Crisis Management in Urmia Lake Basin). *Atmospheric and Climate Sciences*, 2014, no. 4, pp. 358-368.

Синюкович Валерий Николаевич
кандидат географических наук,
старший научный сотрудник
Лимнологический институт СО РАН
Россия, 664033, г. Иркутск,
ул. Улан-Баторская, 3
тел.: 8(3952) 42-57-68
e-mail: sin@lin.irk.ru

Sinyukovich Valeriy Nikolaevich
Candidate of Sciences (Geography),
Senior Researcher
Limnological Institute SB RAS
3, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033,
Russian Federation
tel.: 8(3952) 42-57-68
e-mail: sin@lin.irk.ru

Чернышов Максим Сергеевич
инженер
Лимнологический институт СО РАН
Россия, 664033, Иркутск,
ул. Улан-Баторская, 3
тел.: 8(3952) 42-57-68
e-mail: chernishov@lin.irk.ru

Chernishov Maksim Sergeevich
Engineer
Limnological Institute SB RAS
3, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033,
Russian Federation
tel.: 8(3952) 42-57-68
e-mail: chernishov@lin.irk.ru

Дата поступления: 13.04.2008

Received: April, 13, 2018