

УРОВЕННЫЙ РЕЖИМ ОЗЕРА БАЙКАЛ: РЕТРОСПЕКТИВА И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ*

© 2017 г. Е.Ж. Гармаев¹, Б.З. Цыдыпов¹, Д.Б. Дабаева¹,
С.Г. Андреев¹, А.А. Аюржанаев¹, А.И. Куликов²

*ФГБУН «Байкальский институт природопользования Сибирского
отделения Российской академии наук», г. Улан-Удэ, Россия*

*ФГБУН «Институт общей и экспериментальной биологии Сибирского
отделения Российской академии наук», г. Улан-Удэ, Россия*

Ключевые слова: оз. Байкал, уровень режим, изменение климата, маловодный период, р. Селенга, речной сток, приточность, расход воды, дендрохронология.



Е.Ж. Гармаев



Б.З. Цыдыпов



Д.Б. Дабаева



С.Г. Андреев



А.А. Аюржанаев



А.И. Куликов

Рассмотрены история и основные проблемы регулирования оз. Байкал. Выполнен анализ изменения уровня озера за весь период инструментальных наблюдений (1900–2016 гг.). С середины 1990-х годов прошлого столетия в бассейне Байкала наблюдается затяжной маловодный период, рекордный по продолжительности за весь период инструментальных наблюдений. Изучена ситуация чрезвычайного маловодья в бассейне озера в 2014–2015 гг. Установлен статистически значимый тренд увеличения температуры и уменьшения количества осадков. На многолетние колебания речного

* Работа выполнена при частичной поддержке проекта РФФИ–РГО № 13-05-41378 «Трансформация природной среды Забайкалья и сопредельных территорий: ретроспективный анализ и современное состояние»

стока в большей мере, чем другие элементы водного баланса, воздействуют атмосферные осадки. Установлено, что уровень Байкала практически напрямую зависит от водности р. Селенги. Минимальный сток в маловодные периоды, как и годовой сток, имеет тенденцию к снижению. Именно непрерывная серия пониженного стока обеспечила отрицательный тренд минимального стока, вследствие этого приточность водных ресурсов в оз. Байкал в последние годы является рекордно минимальной.

Проведена пространственно-временная реконструкция параметров речного стока в бассейне р. Селенги по данным гидрометрических постов и дендроклиматических станций. Статистические модели реконструкции водного стока показывают хорошее соответствие между приростом годовых колец сосны обыкновенной и годовым расходом воды. Проведено хронологическое сравнение исторических хроник и режима увлажнения на основе полученных реконструкций водного режима. Анализ исторических хроник является косвенной верификацией полученных временных рядов по реконструкции расходов воды в бассейне р. Селенги.

Байкал – одно из величайших озер планеты, самое глубокое (1642 м) и древнее (около 25 млн лет), имеющее наиболее разнообразную флору и фауну среди всех пресных водоемов земного шара. Озеро обладает уникальным по объему и качеству запасом пресных вод (23,6 тыс. км³). В настоящее время в Байкале сосредоточено более 20 % мировых запасов пресной воды – это больше, чем в пяти Великих озерах Северной Америки. Озеро Байкал вместе с прилегающими к нему территориями в 1996 г. было включено в список Всемирного природного наследия ЮНЕСКО. В связи с этим проблема охраны и сохранения водных ресурсов озера приобрела исключительно важный характер.

Бассейн оз. Байкал расположен почти в центре обширного азиатского материка и занимает территорию площадью 545 тыс. км² (без площади акватории озера), из них 45 % находится в пределах Российской Федерации, остальная часть – на территории Монголии. Около 73 % речных вод формируется на территории России, 27 % – в Монголии [1]. Озеро Байкал с его бассейном представляет собой своеобразную и очень хрупкую природную экосистему, которая обеспечивает естественный процесс формирования вод, славящихся на весь мир своей прозрачностью и чистотой.

Комплексное изучение озера приобретает особое значение в связи с острым дефицитом пресной воды, с которым, по прогнозам экспертов, мир может столкнуться уже в ближайшие десятилетия. Наиболее значительным техногенным вмешательством в естественное состояние природной системы Байкала стало строительство каскада иркутских ГЭС и Байкальского целлюлозно-бумажного комбината [2].

Из-за глобального изменения климата температура предельного слоя воздуха в Забайкалье увеличивается, атмосферные осадки убывают [3]. Так, с 1885 по 2012 гг. среднегодовая температура воздуха в Забайкалье повысилась на 2,0 °С [4] (отметим, что за этот период среднегодовая температура на всем земном шаре увеличилась на 0,85 °С [5]). Повышение температуры и снижение количества осадков привели к низкой водности рек, впадающих в оз. Байкал. В отсутствие осадков отмечается устойчиво убывающий тренд стока главного притока Байкала – р. Селенги [6].

Представлены исследования, связанные с изменением климата в Забайкалье (в пределах Республики Бурятия), флуктуациями изменения уровня воды оз. Байкал за весь период инструментальных наблюдений, изучением ситуации чрезвычайного маловодья в бассейне озера в 2014–2015 гг. Рассмотрены вопросы реконструкции расхода воды рек бассейна Селенги по дендрохронологическим данным, проведено сравнение данных исторических летописей с реконструированными рядами расходов воды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Оценка климатических изменений проведена на основе фондовых материалов сети метеостанций Республики Бурятия. Трендовые изменения аппроксимировались прямолинейной функцией типа $Y = a + bX$, где b – угловой коэффициент, измеряющий темп изменения параметра. Изменчивость параметров оценивалась в рамках понятия об экстремальности расчетах среднеквадратического отклонения (СКО) и коэффициентов вариации. Анализ гидрометеорологической информации проведен на основе архивных данных гидропостов и метеостанций Республики Бурятия.

Изменение климата в Забайкалье

Глобальное потепление подтверждается многолетними данными станций сети Всемирной метеорологической организации и национальных сетей. Потепление неоднородно во времени, имели место и перерывы в росте температуры воздуха. Выделяются три интервала: потепление 1910–1945 гг., слабое похолодание 1946–1975 гг. и наиболее интенсивное потепление после 1970-х годов. В России изменения в сторону повышения температуры воздуха выражены сильнее, чем на планете в целом (рис. 1), а на территории Бурятии – еще сильнее, на 2,5 °С [7] (рис. 2). На рис. 1 представлена секторная разметка климатических изменений.

Форсированное потепление в Предбайкалье и Забайкалье подчеркивается и другими исследователями [8, 9]. Потепление отмечается также в термическом режиме и ледовой обстановке Байкала [10]. Примечательно, что в последнее десятилетие среднегодовая температура в Забайкалье пересекла нулевой рубеж, становясь положительной, что ранее отмечалось эпизодически.

Получены уравнения линейного тренда среднегодовой температуры воздуха (Y). По метеостанции Улан-Удэ имеем

$$Y = 0,0229x - 2,5572 \text{ (1900–2011 гг.); } Y = 0,0359x - 3,8002 \text{ (1970–2011 гг.).}$$

Регрессионный коэффициент указывает на темп роста температуры воздуха, равный $0,23 \text{ }^\circ\text{C}/10$ лет. Начиная с 1970-х годов, темпы потепления выросли до $0,36 \text{ }^\circ\text{C}/10$ лет. В Новоселенгинске потепление идет с темпом $0,18 \text{ }^\circ\text{C}/10$ лет, а в Кяхте – $0,16 \text{ }^\circ\text{C}/10$ лет.

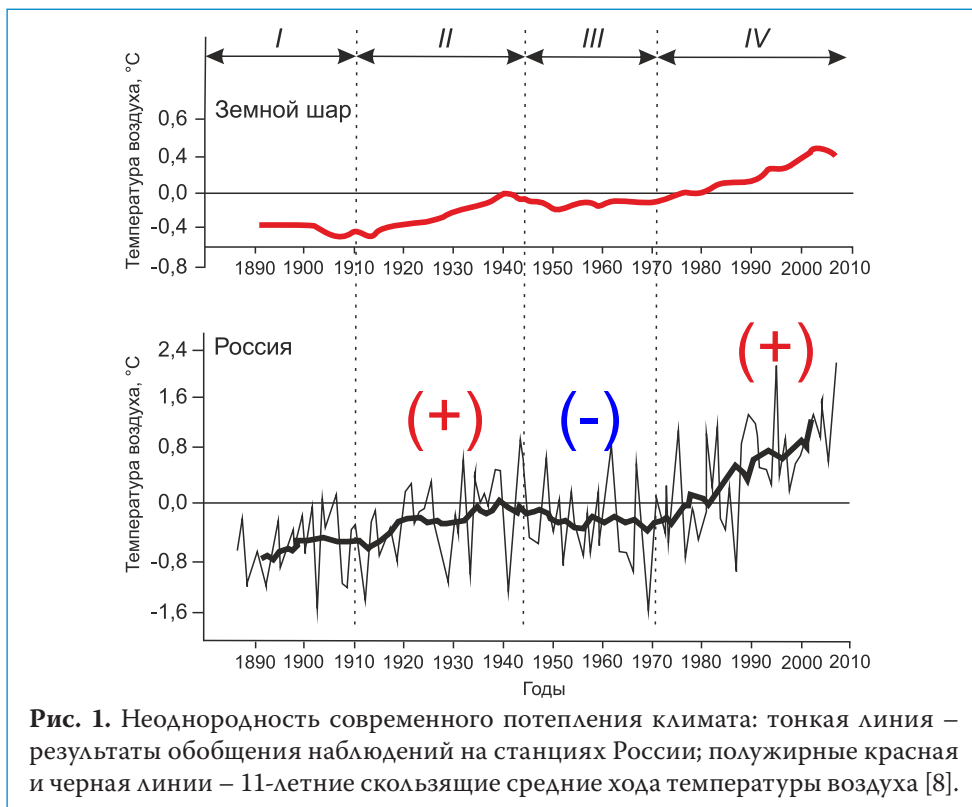


Рис. 1. Неоднородность современного потепления климата: тонкая линия – результаты обобщения наблюдений на станциях России; полужирные красная и черная линии – 11-летние скользящие средние хода температуры воздуха [8].

Колебания суммы атмосферных осадков по годам весьма значительны, разница достигает порядка $100\text{--}150$ мм. В г. Улан-Удэ при экстремумах $413,3$ мм (1959 г.) и $109,6$ мм (1989 г.) экстремальная амплитуда составляет $303,7$ мм. Изменчивость количества осадков возрастает во времени, т. е. экстремальность условий по этому показателю увеличивается. Так, если на отрезке 1935–1942 гг. СКО количества годовых осадков равнялось $\pm 32,2$ мм, то в настоящее время отклонения от климатической нормы стали более резкими и СКО составляет $\pm 65\text{--}83$ мм, т. е. отклонения от средней многолетней суммы (256 мм) возросли от 13 до $25\text{--}32$ % (рис. 3).

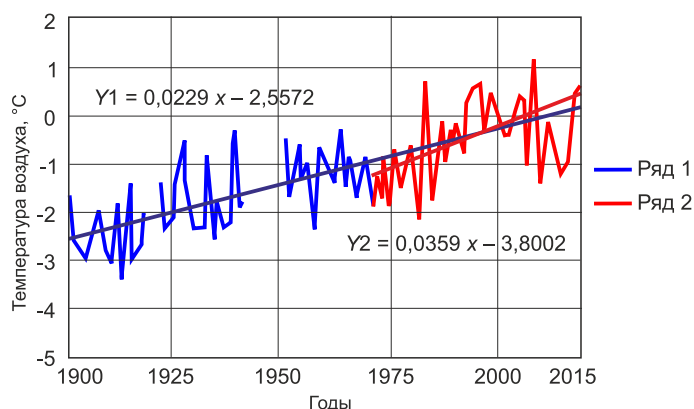


Рис. 2. Многолетняя динамика и тренды среднегодовой температуры воздуха в Забайкалье: ряд 1 – 1900–2015 гг.; ряд 2 (Улан-Удэ) – 1970–2015 гг.

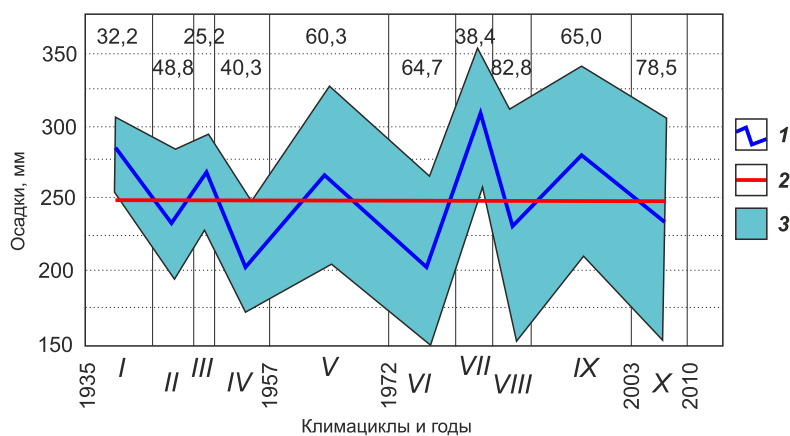


Рис. 3. Динамика сумм атмосферных осадков по климациклам и возрастание неустойчивости атмосферного увлажнения во времени: 1 – среднее многолетнее сумм осадков по климациклам; 2 – среднее многолетнее значение осадков за весь период; 3 – диапазон изменения СКО и значения СКО по климациклам.

Особенности уровня режима оз. Байкал

После строительства Иркутской ГЭС (1956 г.) и в последующем каскада ГЭС (Братская, Усть-Илимская, Богучанская) Байкал представляет собой искусственное водохранилище, т. к. его уровень определяется в большей степени не природными факторами, а интересами гидроэнергетиков [2]. В связи с тем, что Байкал является искусственным водохранилищем, это может привести к постановке вопроса о включении озера в список участков мирового наследия, находящихся под угрозой.

Фактические уровни воды оз. Байкал в естественных условиях (до 1956 гг.) варьировали от 454,93 м (зафиксированный исторический минимум в 1904 г.) до 457,10 м (зафиксированный максимум в 1869 г.). Здесь и далее используется Тихоокеанская система высот (ТО). В зарегулированных условиях (1960–2016 гг.) минимальная отметка зарегистрирована в 1982 г. – 455,27 м, максимальная в 1988 г. – 457,42 м.

Среднемноголетний полезный приток воды в оз. Байкал за время наблюдений (1900–2015 гг.) составил 1872 м³/с. В естественных условиях среднемноголетний полезный приток воды в Байкале был равен 1916 м³/с, минимальный среднегодовой приток наблюдался в 1903 г. – 1106 м³/с, максимальный в 1932 г. – 3251 м³/с. В зарегулированный период среднемноголетний полезный приток воды в озеро был равен 1824 м³/с, минимальный приток зафиксирован в 1979 г. – 1244 м³/с, максимальный в 1973 г. – 2848 м³/с [11].

При контролируемом оттоке оз. Байкал постепенно может потерять свою уникальность и со временем это может привести к потере биоразнообразия, вплоть до полного исчезновения многих видов. При превышении уровня 457,0 м, в период многоводных лет середины 1990-х годов прошлого столетия, были разрушены береговые линии низменного восточного побережья (прибрежных лесов, зон отдыха, пляжей и береговых сооружений), нанесен повсеместный экологический ущерб всему природно-биологическому комплексу озерной системы [12]. Следует отметить реальную угрозу полного разрушения островной гряды Ярки, отделяющей открытый Байкал от Верхнеангарского мелководья. При приближении уровня озера к отметке 457,0 м и соответствующей волновой деятельности в течение 3–5 сут группа островов Ярки будет затоплена, вследствие этого оз. Байкал увеличится на север до 40–50 км, полностью исчезнет Верхнеангарский сор и дельты рек Кичеры и Верхней Ангары. Холодные байкальские воды уничтожат уникальную экосистему мелководий в дельтах Верхней Ангары и Кичеры, в т. ч. верхнеангарского омуля. Одновременно изменятся параметры водной чаши озера и соответственно его уровенный режим [13].

При экстремально низком уровне оз. Байкал проявляются [14]:

- изменение режима подземных вод и понижение уровня грунтовых вод;
- нарушение сложившихся механизмов очищения байкальской воды;
- уменьшение водообмена соровой системы с открытым Байкалом;
- увеличение средних температур и интенсивное зарастание мелководья;
- гибель водных организмов в береговой и прибрежной системах озера вследствие пересыхания и перемерзания мест обитаний, которые отвечают за переработку органического вещества;
- торфяные пожары в дельте р. Селенги и т. д.

Весенне-летний период 2015 г. характеризовался большой пораженностью лесов пожарами в Республике Бурятия. По данным Федерального агентства лесного хозяйства Республики Бурятия, с апреля по октябрь 2015 г. территории Гослесфонда были подвержены пожарам на площади 750 500 га (это превышает среднемноголетнее значение в 12 раз). Суммарный ущерб, причиненный лесными пожарами, составил 20,46 млрд руб. по минимальным ставкам платы за древесину на корню, а по аукционным ценам – 203,36 млрд руб. (при расчетах не учтены основные затраты по тушению пожаров).

До строительства Иркутского гидроузла (в естественных условиях) отметки озера колебались в пределах до 2,17 м. За период эксплуатации Иркутской ГЭС до 2001 г. уровень Байкала 17 раз превышал отметку 457,0 м и 18 раз опускался ниже отметки 456,0 м [15]. После принятия 26 марта 2001 г. Постановления Правительства РФ № 234 «О предельных значениях уровня воды в озере Байкал при осуществлении хозяйственной и иной деятельности» уровень колебался в метровом диапазоне (456,0–457,0 м), но 25.02.2015, впервые после 2001 г., опустился ниже отметки 456,0 м (рис. 4).



Рис. 4. Средний уровень воды оз. Байкал, 2009–2016 гг.

Это является, в первую очередь, следствием установившегося в середине 1990-х годов маловодного периода, который стал рекордным по продолжительности с начала эксплуатации Иркутского гидроузла. Ситуация с маловодьем в бассейне оз. Байкал обострилась в июне 2014 г., сохранялась на протяжении всего летне-осеннего периода 2015 г. и продолжилась в

2016 г. С определенной долей вероятности маловодье может сохраняться и в последующие годы.

Из-за аномально высоких температур воздуха и практически полного отсутствия атмосферных осадков приток воды в оз. Байкал в 2015 г. был экстремально низким. Объем притока в 2015–2016 водохозяйственном году ожидался близким к минимальному (который наблюдался в 1903–1904 гг.) и составил 34,7 км³. В текущем 2016–2017 водохозяйственном году приток ожидается на уровне 35,3 км³ (при среднемноголетнем значении нормы 61,9 км³). Таким образом, дефицит полезного притока может составить более 26,6 км³.

Отметим, что в 2015 г. уровень ниже отметки 456,0 м продолжительностью 108 сут наблюдался с 19.02.2015 (при спаде) по 05.06.2015 (при подъеме). Минимальная отметка уровня 455,86 м была зафиксирована в период с 26 по 28 апреля, а максимальная (456,30 м), которая является самой низкой с 2001 г., с 14 по 22 сентября 2015 г. В 2016 г. уровень ниже отметки 456,0 м продолжительностью 184 сут отмечен с 26.12.2015 (при спаде) по 29.06.2016 (при подъеме). Минимальный уровень 455,71 м зафиксирован в период с 28 апреля по 6 мая 2016 г.

При анализе прихода воды в оз. Байкал рассмотрены минимальные и максимальные расходы воды, а также суммарный объем стока основных рек бассейна оз. Байкал [16]. В результате получены данные о том, что сток рек Верхняя Ангара и Баргузин в последние 20 лет остается в пределах среднемноголетней нормы, а сток р. Селенги уменьшается и в настоящее время составляет 65 % от нормы. Вместе эти три реки дают 70 % годового притока воды в оз. Байкал. Поэтому уровень Байкала практически напрямую зависит от водности р. Селенги, обеспечивая хорошую согласованность между колебаниями притока в Байкал и стоком Селенги. Это подтверждается высокими значениями коэффициентов корреляции между рассматриваемыми величинами: за период наблюдений (1934–2014 гг.) – 0,85, за маловодные периоды (1954–1958, 1976–1982, 1996–2014 гг.) – 0,68 [11].

Рассмотрено формирование водных ресурсов на водосборной территории Монголии, на которую приходится 67 % водосбора Селенги. Изучена динамика стока р. Селенги и ее главного притока – р. Орхон. Многоводный период на Селенге наблюдался с 1979 по 1995 гг. В последние годы в бассейне Селенги зафиксирован маловодный период. Так, по данным Института метеорологии и гидрологии Монголии, за последние 20 лет в Монголии пересохло около 700 рек и 450 озер.

Правительство Монголии намерено начать строительство гидроэлектростанции «Шурен», проектируемой в среднем течении главного русла р. Селенги. Кроме ГЭС «Шурен» планируется сооружение гидроэлектро-

станций и на притоках Селенги – реках Орхон, Дэлгэрмурен и Эгийн-гол. При окончательном решении Улан-Батора о строительстве ГЭС оз. Байкал станет полностью контролируемым – с регулируемым не только оттоком, но и притоком воды.

Минимальный сток рек бассейна р. Селенги в маловодные периоды, как и годовой сток, имеет тенденцию к снижению. Именно непрерывный период пониженного стока обеспечил отрицательный тренд минимального стока в последние годы. Вследствие этого, приток воды в оз. Байкал в последние годы является рекордно минимальным.

Реконструкция расхода воды рек бассейна Селенги

Для полноценного анализа истории колебаний уровня оз. Байкал имеется, к сожалению, слишком короткий период инструментальных наблюдений – всего 116 лет. Учитывая, что исследуемый объект – оз. Байкал – является самым древним озером в мире (20–35 млн лет), этот небольшой период данных наблюдений не позволяет получить объективную картину изменения его уровня за более продолжительное время.

Надежно выделить направленные изменения в режиме увлажнения можно только располагая длительными рядами наблюдений. Существенно удлинить ряды климатических характеристик позволяет анализ годичных колец деревьев [17–21]. К примеру, реконструкция уровня оз. Байкал по дендрохронологическим данным представлена в работе С.Г. Андреева [22]. В рамках данного исследования проведена пространственно-временная реконструкция параметров речного стока в бассейне р. Селенги по данным гидрометрических постов и дендроклиматических станций [23]. Получены модели реконструкции расхода воды р. Селенги и ее основных притоков – рек Уда, Хилок, Чикой, Джиды, Орхон и Хараа (рис. 5). Для отдельных водотоков удалось восстановить ряды до 1666 г. Это позволило выявить в ретроспективе закономерности колебаний увлажнения в Байкальской Азии. На рис. 5 отражена пространственно-временная согласованность прироста деревьев с динамикой расхода воды р. Селенги и ее притоков. Особенно хорошо это проявляется в маловодные и многоводные периоды.

Проанализируем значения корреляции для бассейнов отдельных притоков. Максимальное значение 0,66 имеет генерализованная хронология, полученная на основе восьми локальных хронологий и «отвечающая» за долину р. Джиды. Долина реки является обособленной территорией, огражденной высокими хребтами, здесь формирование стока идет внутри долины. Тем самым объясняется тесная связь расхода воды с приростом деревьев, зависящим, в свою очередь, от поступающей влаги из атмосферы. Высокая корреляция прослеживается и для малых рек в пределах степной и лесостепной зон.

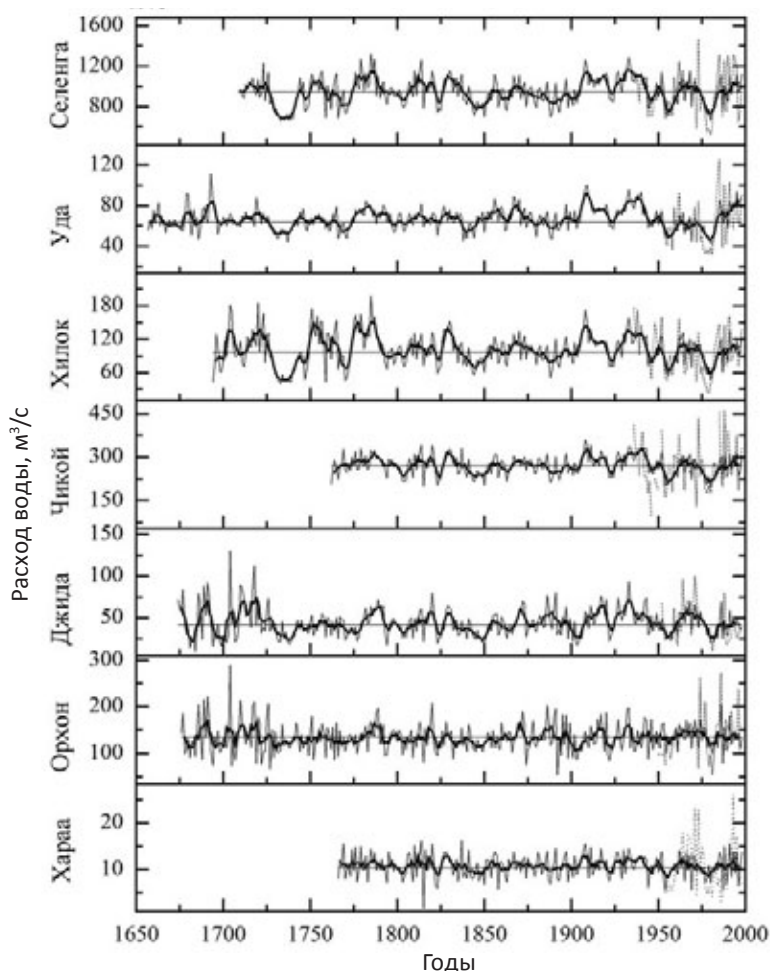


Рис. 5. Реконструкция расхода воды рек бассейна Селенги, м³/с: пунктирная кривая – инструментальные измерения расходов воды по гидрометрическим постам; тонкая кривая – погодичная реконструкция; жирная кривая – сглаженная за 5 лет; горизонтальная прямая – норма расхода воды за инструментальный период.

Для р. Чикой связь с древесными кольцами меньшая ($R = 0,47$). Такое значение можно объяснить тем, что формирование стока р. Чикой идет под влиянием тихоокеанских воздушных масс, приходящих во второй половине лета с востока и затрагивающих верховья водосбора, ослабляя связь дендрохронологических рядов станций, расположенных в средней и нижней частях долины. Следует отметить, что реконструкция водного стока

р. Хараа, построенная по тем же станциям, что и для р. Чикой, показывает схожую картину, при этом бассейн р. Хараа расположен на 300 км южнее. Данная связь обусловлена общими закономерностями формирования стока рек Чикой и Хараа.

Годовые колебания расхода воды р. Орхон показали близкую связь ($R = 0,53$) со станциями, расположенными в бассейне р. Джиды. Полученные значения корреляции между индексами прироста годовых колец и инструментальными измерениями стока рек монгольской части бассейна Селенги (для р. Хараа – 0,47, для р. Орхон – 0,53) позволяют расширить сеть станций на бассейны этих рек и получить более достоверные модели реконструкции.

В сравнении с предыдущим XX в. был более обеспечен водными ресурсами. Общий тренд за столетие имеет следующий характер: до середины XX в. водность увеличивалась, достигнув максимума в середине 1940-х годов, затем начала медленно понижаться. Представляет интерес сравнить данные исторических летописей с реконструированными рядами расходов воды.

Сопоставление исторических хроник с временными рядами расходов воды

Проведено хронологическое сравнение исторических хроник [24] и режима увлажнения на основе полученных реконструкций водного режима. Анализ исторических хроник является косвенной верификацией полученных временных рядов по реконструкции расходов воды в бассейне Селенги.

С 1700 по 1725 гг. наблюдался относительно многоводный период. Например, 1715 г. – «очень дождливый год в Монголии», приходится на пики реконструированных расходов воды [24]. Из другого источника [25] известно, что Петропавловская крепость построена при впадении р. Чикой в Селенгу и впервые упоминается в 1713 г. Из-за регулярных ежегодных наводнений в 1726 г. С.А. Владиславич-Рагузинский распорядился перенести поселение на две версты выше по течению р. Чикой. В 1727 г. И.Д. Бухгольц построил Петропавловскую крепость на новом месте.

Период 1726–1745 гг. характеризовался как засушливый, что и отмечено на реконструкциях. В исторических источниках для территории Западного Забайкалья и Монголии эти годы названы засушливыми и неурожайными («засуха великая») [24]. Схожий период, но более короткий по времени, наблюдался в современный период – в конце 1970-х – начале 1980 годов.

Период 1746 – конец 1750-х годов отмечен наводнениями на р. Селенге. Их пик приходится на 1751 г., когда было зарегистрировано большое наводнение. Временные отрезки 1758–1761, 1778–1810 гг. – периоды засух в Монголии. Следующий период характеризуется зарегистрированными наводне-

ниями. Пик приходится на 1830 г. – «...Большое наводнение на р. Селенге. В Селенгинске смыло большую часть правобережных строений. В результате этого в 1841 г. город пришлось перенести на левый берег...» [24].

В 1860 г. – летняя засуха на территории Центральной Монголии. В 1862 г. в Забайкалье отмечена засуха: «...невыносимая жара, страшная засуха, так что урожаи плохи, травы мало...». Примечательно, что в этот же год на оз. Гусиное исчезли острова, т. е. произошло наполнение озера. Этот факт объясняется активизацией тектонических процессов в Байкальском регионе в этот период (образование залива Провал на оз. Байкал и т. д.) и не связан с режимом увлажнения. Весной и летом 1866 г. произошло «большое наводнение на территории Бурятии». В 1869 г.: «...необычное наводнение в Иркутской губернии и Западном Забайкалье, уровень Байкала поднялся почти на сажень относительно обычного..., ...большое наводнение на Селенге..., ...уровень в Верхнеудинске поднимался на 1,81 сажени (3,85 м), была затоплена часть города и многие селенья...» [26]. Конец XIX в. в целом по историческим хроникам характеризуется засушливым периодом. Начало XX в. отмечено резким увеличением значений расхода воды, что согласуется с полученными в рамках данной работы реконструированными рядами речного стока.

Таким образом, учитывая высокую коррелированность стока р. Селенги с уровнем Байкала, можно косвенно составить представление о колебании уровня воды (приточности воды) в озере за последние 300 лет. Например, есть основания определенно ответить на вопрос: высокие или низкие уровни воды в Байкале наблюдались в середине XVIII или XIX веков. Хорошее соответствие уровня воды в озере с объемом годового стока р. Селенги открывает новые возможности получения данных об уровненом режиме оз. Байкал за последние три века.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в бассейне оз. Байкал наблюдаются значительные трансформации природной среды. В частности, установлены статистически значимые тренды увеличения температуры и уменьшения количества осадков с идентификацией влажных и сухих периодов. В последние годы из-за аномально высоких температур воздуха и практически полного отсутствия атмосферных осадков приток воды в оз. Байкал в 2015 г. был экстремально низким за весь период инструментальных наблюдений. Данные факты негативно сказались на уровненом режиме Байкала.

В дендрохронологических рядах для конкретных местностей наблюдается высокая погодичная и сезонная реакция прироста на текущие осадки. Выявлена пространственно-временная согласованность прироста деревьев с динамикой расхода воды р. Селенги и ее притоков. Так, приведенные в

статье статистические модели реконструкции водного стока показывают хорошее соответствие ($r = 0,47...0,66$) между приростом годовых колец сосны обыкновенной и годовым расходом воды.

На примере монгольской части бассейна Селенги показано, что пространственная связь между водным стоком и дендроклиматическими станциями, расположенными на территории России, может прослеживаться на сотни километров. Полученные данные расходов воды за большой временной интервал могут служить основой для планирования рационального использования водных ресурсов. Данный аспект особенно актуален для р. Селенги, учитывая ее трансграничное расположение.

Установлено, что для лесостепных районов Байкальской Азии лимитирующим фактором прироста деревьев выступают атмосферные осадки, которые формируют водный сток рек бассейна Селенги.

Приведенные исторические хроники, не претендуя на инструментальную достоверность, являются косвенной иллюстрацией, фрагментарной верификацией полученных временных рядов по реконструкции расходов воды в бассейне Селенги. Однако значимая корреляционная связь в моделях реконструкции позволяет использовать полученные данные для ретроспективного анализа периодов засух и наводнений.

Минимальный сток рек бассейна р. Селенги в маловодные периоды, как и годовой сток, имеет тенденцию к снижению. Именно продолжительный маловодный период явился причиной отрицательного тренда минимального стока в последние годы. Вследствие этого, приток воды в оз. Байкал в последние годы является рекордно минимальным за весь период инструментальных наблюдений, что привело к снижению уровня озера ниже отметки, установленной Постановлением Правительства РФ № 234 от 26.03.2001.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афанасьев А.Н.* Водные ресурсы и водный баланс бассейна оз. Байкал. Новосибирск: Наука, 1976. 239 с.
2. Гидроэнергетика и состояние экосистемы озера Байкал / ред. А.А. Атутов, Н.М. Пронин, А.К. Тулохонов (отв. ред.). Новосибирск: СО РАН, 1999. 280 с.
3. *Будыко М.И., Израэль Ю.А.* Антропогенные изменения климата. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 406 с.
4. *Обязов В.А.* Тенденции многолетних изменений речного стока в Забайкалье в многоводные и маловодные периоды // докл. РАН. 2013. Т. 450. № 6. С. 713.
5. *Кокорин А.О.* Изменение климата: обзор Пятого оценочного доклада МГЭИК. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2014. 80 с.
6. *Гармаев Е.Ж.* Сток рек бассейна оз. Байкал. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского государственного университета, 2010. 272 с.
7. *Куликов А.И., Куликов М.А., Смирнова И.И.* Термическое состояние деятельного слоя в криолитозоне Байкальского региона в контексте глобального потеп-

- ления // Изменение климата Центральной Азии: социально-экономические и экологические последствия / Мат-лы междунар. симп. Чита, 2008. С. 171–178.
8. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. 1. Изменения климата. М. 2008. 227 с.; Т. 2. Последствия изменений климата. М., 2008. 288 с.
 9. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Обнаружение изменений климата: состояния, изменчивости и экстремальности климата // Тр. Всемирн. конф. по изменению климата. Москва 29.09.–03.10.2003. М. 2004. С. 101–111.
 10. Анохин Ю.А., Болтнева Л.И., Мясч Л.Т. Экологические последствия изменения климата в регионе озера Байкал // Тр. II Всерос. конф. «Научные аспекты экологических проблем России». М. 2006. С. 319–325.
 11. Бычков И.В., Никитин В.М. Регулирование уровня озера Байкал: проблемы и возможные решения // География и природные ресурсы. 2015. № 3. С. 5–16.
 12. Безруков Л.А., Никольский А.Ф. Экономическая оценка ущерба от негативного воздействия Ангарского каскада ГЭС и водохранилищ на природу, хозяйство и население Иркутской области // География и природные ресурсы. 1995. № 1. С. 125–134.
 13. Arnold K. Tulokhonov, Yendon Zh. Garmayev, Bair Z. Tsydypov. Spatial and temporal dynamics of the Baikal coastal line caused by control of the lake level regime // Geography, Environment, Sustainability. 2013. No 2 (6). P. 20–27.
 14. Синюкович В.Н. Проблемы регулирования уровня озера Байкал в условиях аномальной водности // Водное хозяйство России. 2016. № 1. С. 42–51.
 15. Никитин В.М., Савельев В.А., Бережных Т.В., Абасов Н.В. Гидроэнергетические проблемы озера Байкал: прошлое и настоящее // Регион: Экономика и Социология. 2015. № 3 (87). С. 273–295.
 16. Гармаев Е.Ж., Христофоров А.В. Водные ресурсы рек бассейна озера Байкал: основы их использования и охраны. Новосибирск: ГЕО. 2010. 231 с.
 17. Fritts H.C. Reconstructing Large-Scale Climatic Patterns From Tree-Ring Data. Tucson, Univ. of Arizona Press, 1991. 286 p.
 18. Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences, Cook E.R. and Kairiukstis L.A., Eds., Dordrecht: Kluwer Academic, 1990. 393 p.
 19. Schweingruber F.H. Tree Rings and Environment: Dendroecology. Berne: Haupt Publ., 1996. 609 p.
 20. Шашкин А.В., Ваганов Е.А. Имитационная модель климатической изменчивости хвойных (на примере роста сосны в степной зоне) // Экология. 1993. № 5. С. 5–10.
 21. Ваганов Е.А., Шиятов С.Г. Роль дендроклиматических и дендрогидрологических исследований в разработке глобальных и региональных экологических проблем (на примере азиатской части России) // Сибирский экологический журнал. 1999. Т. 6. № 2. С. 111–116.
 22. Андреев С.Г., Ваганов Е.А., Наурызбаев М.М., Тулохонов А.К. Регистрация годичными кольцами сосны многолетних колебаний атмосферных осадков, стока Селенги и уровня озера Байкал // докл. РАН. 1999. Т. 368. № 3. С. 400–403.

23. Реконструкция водного стока крупных рек бассейна р. Селенга. Свид. о гос. регистр. базы данных № 2013621267, Российская Федерация. Заявка № 2013620567 / Гармаев Е.Ж., Андреев С.Г. Правообладатель: ФГБУН БИП СО РАН. Дата поступления: 06.06.2013; зарег. в Реестре баз данных 26.09.2013.
24. *Леви К.Г., Задонина Н.В., Бердникова Н.Е., Воронин В.И., Глызин А.В., Язев С.А., Баасанджав Б., Нинжбадгар С., Балжинням Б., Буддо В.Ю.* Современная геодинамика и гелиогеодинамика. 500-летняя история аномальных явлений в природе и социуме Сибири и Монголии. Книга II. Иркутск: ИрГТУ, 2003. 383 с.
25. *Артемов А.Р.* Города и остроги Забайкалья и Приамурья во 2-й половине XVII–XVIII вв. Владивосток: Примор. полиграф. комбинат, 1999. 336 с.
26. *Задонина Н.В., Леви К.Г.* Хронология природных и социальных феноменов в Сибири и Монголии. Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2008. 759 с.

Сведения об авторах:

Гармаев Ендон Жамьянович, д-р геогр. наук, профессор РАН, директор ФГБУН «Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук» (БИП СО РАН), Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 8; e-mail: garend1@yandex.ru

Цыдыпов Баир Зугдырович, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, ФГБУН «Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук» (БИП СО РАН), Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 8; e-mail: bz61@mail.ru

Дабаева Дарима Бимбаевна, аспирант, ФГБУН «Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук» (БИП СО РАН), Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 8; e-mail: dabaevadarima@gmail.com

Андреев Сергей Геннадьевич, канд. геогр. наук, старший научный сотрудник, ФГБУН «Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук» (БИП СО РАН), Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 8; e-mail: baikal.andreev@gmail.com

Аюржанаев Александр Андреевич, канд. техн. наук, научный сотрудник, ФГБУН «Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук» (БИП СО РАН), Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 8; e-mail: aaa@binm.bsnet.ru

Куликов Анатолий Иннокентьевич, д-р биол. наук, профессор, главный научный сотрудник, ФГБУН «Институт общей и экспериментальной биологии Сибирского отделения Российской академии наук» (ИОЭБ СО РАН), Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 6; e-mail: kul-an52@mail.ru