



## Эффективность работы водозаборных сооружений населенных мест Прибайкалья

© Роман Викторович Чупин, Виктор Анатольевич Бобер

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Чупин Роман Викторович, [ch-r-v@mail.ru](mailto:ch-r-v@mail.ru)

**Аннотация.** Население Прибайкалья (неофициальное название Иркутской области) составляет 2,36 млн чел., в основном проживающих в акватории р. Ангара. Поэтому 91 % всех водозаборов относятся к поверхностным берегового, руслового и ковшового типа. Со строительством каскада гидроэлектростанций на р. Ангара (1961 г.) оз. Байкал и Иркутское водохранилище стали единым искусственным резервуаром, уровень в котором зависит от естественных процессов приточности воды в оз. Байкал, а также деятельности энергетики и водного транспорта. Поэтому уровень воды колеблется в значительных диапазонах. Так, в оз. Байкал в многолетнем разрезе изменение уровня воды составляет 2 м, в Братском водохранилище уровень воды изменяется в пределах 10 м. Целью исследования является анализ влияния изменения уровня воды в оз. Байкал на эффективность работы всех водозаборов р. Ангара. На основании расчетов и экспедиционных исследований показано, что при повышении уровня воды в водоемах ухудшается ее качество и требуется ее очистка. При уменьшении уровня падает производительность водозаборов и необходима замена насосного оборудования. Проведенный анализ работы поверхностных водозаборов в населенных местах Прибайкалья показал, что их эффективную работу при существующих конструкциях и значительных изменениях уровня воды в оз. Байкал и на реке Ангара организовать не представляется возможным. Необходимо переходить на подземные источники водоснабжения. Возможны конструкции понтонных водозаборов либо организация береговых сооружений, работающих на всем диапазоне колебаний уровней воды в водоеме.

**Ключевые слова:** системы водоснабжения, поверхностные водозаборы, эффективность работы водозаборов при значительных колебаниях уровня воды в водоемах

**Для цитирования:** Чупин Р. В., Бобер В. А. Эффективность работы водозаборных сооружений населенных мест Прибайкалья // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 2. С. 240–247. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-240-247>.

### Original article

## Efficiency of water intake facilities in populated areas of the Baikal region

Roman V. Chupin, Viktor A. Bober

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Corresponding author: Roman V. Chupin, [ch-r-v@mail.ru](mailto:ch-r-v@mail.ru)

**Abstract.** The population of the Baikal region (unofficial name of the Irkutsk region) amounts to 2.36 million people, mainly residing in the Angara River area. Therefore, 91% of all water intake facilities belong the surface shore, river or reservoir types. With the construction of a chain of hydroelectric power plants at the Angara River in 1961, Lake Baikal and the Irkutsk reservoir have become the only artificial reservoir, whose water level depends on the natural inflow into the lake, as well as energy and water transport activities. As a result, the perennial water level in Lake Baikal and the Bratsk reservoir varies across a wide range, about 2 and 10 m, respectively. In this study, the effect of variations in the water level in Lake Baikal on the efficiency of all water intake facilities of the Angara River is addressed. The conducted calculations and field studies showed that an increase in the water level in water bodies leads to a decreased water quality, requiring its further purification. When the water level decreases, the performance of water intake facilities decreases, requiring replacement of the pumping equipment. An analysis of the surface water intake facilities in the populated areas of the Baikal region showed

that the efficient operation of the existing structures is unachievable under significant variations in the water level in Lake Baikal and the Angara River. It is recommended to use underground water sources. Floating water intake or shore structures operating over the entire range of varying water levels in the water body may be also used.

**Keywords:** water supply systems, surface water intakes, efficiency of water intakes with significant fluctuations in water levels in reservoirs

**For citation:** Chupin R. V., Bober V. A. Efficiency of water intake facilities in populated areas of the Baikal region. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate.* 2022;12(2):240-247. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-240-247>.

### Введение

С вводом в эксплуатацию Иркутской ГЭС оз. Байкал стало частью Иркутского водохранилища, образовав с ним единый искусственный водоем для регулирования и решения вопросов энергетики, водного транспорта и других водохозяйственных задач сибирского региона и страны в целом. После строительства каскада ГЭС на Ангаре уровень воды в оз. Байкал поднялся практически на один метр. Среднегодовые изменения уровня Байкала в естественном режиме составляли 85 см, после зарегулирования – 87 см. Многолетняя амплитуда колебания уровня воды за 123 года непрерывных наблюдений, с 1898 по 2021 гг., составила 200 см. Минимальный уровень воды в Байкале был зафиксирован в 1904 г. – 454,93 м, максимальный в 1869 г. – 557,10 м [1–3].

В 1988 году были разработаны Основные правила использования водных ресурсов водохранилищ Ангарского каскада ГЭС (Иркутского, Братского и Усть-Илимского) (ПИВР-1988) [4–7], которые на сегодняшний день являются действующим нормативным и правовым документом для регулирования режимов работы каскада ГЭС, в том числе Иркутской ГЭС, и уровня озера Байкал. Режимы расходов, пропускаемых через ИГЭС, определены для всего проектного диапазона уровней, начиная с мертвого объема (УМО – 455,54 м ТО (Тихоокеанская система высот)) и до нормального подпорного уровня (НПУ – 457,00 м ТО) и форсированного подпорного уровня (ФПУ – 457,86 м ТО). В зависимости от указанных диапазонов уровней оз. Байкал и производных от них уровней Иркутского и Братского водохранилищ, должна быть выстроена вся хозяйственная деятельность прилегающих территорий, в том числе запроектированы новые, реконструированы существующие водозаборы и организована эффективная их

эксплуатация. Однако, как показали проведенные исследования и экспедиционные обследования, не на всех водозаборах соблюдены эти требования и, как следствие, многие из них в маловодные года осушаются либо работают на грани срыва [8].

В центральной экологической зоне природной территории оз. Байкал в границах территории Иркутской области проживает 53 745 человек в 71 населенном пункте и на 350 туристических базах вместимостью 10 тыс. чел.

Централизованные системы водоснабжения имеются в гг. Байкальск, Слюдянка и п. Листвянка. Непосредственный водозабор воды из оз. Байкал осуществляется только в Листвянке. В гг. Байкальск и Слюдянка, наряду с поверхностными, организованы подземные водозаборы. В других населенных пунктах водозаборы преимущественно осуществляется из неглубоких скважин и колодцев, принадлежащих частным застройкам и туристическим базам. В летний период во многих поселках и садоводствах организован летний водопровод непосредственно из оз. Байкал [9, 10]. В табл. 1 представлены основные характеристики систем водоснабжения этих населенных пунктов. В столбце 2 приведена численность населения и вместимость туристических баз, в столбцах 6 и 7 указаны минимальные и максимальные геодезические отметки населенных пунктов, а в столбцах 8 и 9 – минимальные уровни воды в оз. Байкал, соответствующие близким к уровням мертвого объема озера, и максимальные уровни, соответствующие работе Иркутской ГЭС. Следует отметить, что в населенных пунктах, расположенных на берегу оз. Байкал и на побережье Иркутского водохранилища, в основном организованы подземные источники водоснабжения, за исключением п. Листвянка, где имеются два водозабора общей производительностью 689,4 м<sup>3</sup>/сут непосредственно из оз. Байкал.

**Таблица 1.** Характеристика водоснабжения населенных пунктов, расположенных на побережье оз. Байкал, в верхнем и нижнем бьефах Иркутской ГЭС, Братском водохранилище  
**Table 1.** Characteristics of water supply of settlements located on the coast of the lake Baikal, in the upper and lower reaches of the Irkutsk hydroelectric power station, Bratsk reservoir

Зоны	Численность жителей насел. пунктов/ турбаз/садовых участков	Потребление воды, м <sup>3</sup> /сут	Тип водозабора	Отметки водозабора	Min отмет. земли	Max отмет. земли	Min уровень воды (БС*)	Max уровень воды (БС)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Побережье Байкала, 38 населенных пунктов	44034/13464	17836,0	Подземный	460,0 500,0	456,0	510,0	455,48	457,5
Побережье Иркутского водохранилища, 24 нас. пункта	5906/18600	1282,4	Подземный	465,0 490,0	456,0	475,0	455,59	456,1
Иркутск, Ангарск, Усолье-Сибирское, Свирск и 10 поселков	991320	455754,0	Поверхностный	410,0 433,0	425,0	510,0	424,52	431,51
Побережье Братского водохранилища, 38 нас. пунктов	350800	37076,0	Поверхностный	391,5	402,0	505,0	393,73	401,79

\*БС – Балтийская система высот.

В г. Байкальск три подземных источника воды (14 скважин глубиной от 70–100 м), основной из которых расположен на отметке 500,0 м в верховье р. Солзан. В г. Слюдянка имеются два централизованных водозабора («Центральный» и из верховья р. Слюдянка – «Рудо») и 10 децентрализованных водозаборов (25 скважин). Водозабор «Центральный» является береговым сооружением, в котором вода забирается двумя насосами с отметки 450 м БС из оз. Байкал (1905 г. постройки). Работа водозабора напрямую связана с уровневый режимом оз. Байкал.

#### Результаты и их обсуждение

Как видно из табл. 1 (столбец 5), все подземные водозаборы находятся на отметках выше максимальных уровней воды в оз. Байкал. При этом уровень воды в скважинах напрямую зависит от уровня воды в оз. Байкал: с возрастанием последнего уровень воды в скважинах увеличивается. По данным Санэпидстанции, качество воды в скважинах при подъеме уровня воды в оз. Байкал выше отметки 456,50 м ТО существенно снижается, и в некоторых поселках нарушаются требования СанПиН 2.1.4.11-75-02 и СанПиН 2.1.4.1074-01. С падением уровня воды в озере ниже отметки 456,00 м ТО уменьшается дебит скважин, и некоторые из них просто оголяются. На побережье Иркутского

водохранилища находится 24 населенных пункта, в которых постоянно проживает 6 тыс. чел и организовано 6,1 тыс. садоводческих участков. Только в п. Большая Речка имеется подземный водозабор из двух скважин глубиной 80 м, проложена водопроводная сеть протяженностью 12 км, на которой устроены 29 водоразборных колонок. В садоводствах повсеместно организованы летние водопроводы из подземных источников воды.

В нижнем бьефе Иркутской ГЭС на берегах р. Ангары расположен областной центр гг. Иркутск, Ангарск, Усолье-Сибирское, Свирск. Водоснабжение г. Иркутска, Иркутского района, г. Шелехова и Шелеховского района осуществляется от открытого, руслового водозабора, расположенного в верхнем бьефе плотины ГЭС (Ершовский водозабор) [11]. Имеется приплотинный водозабор, расположенный в теле плотины ГЭС («Сооружение № 1»), от которого вода поступает на цели теплоснабжения в Ново-Иркутскую ТЭЦ (характеристики водозаборов представлены в табл. 2). Для обеспечения водой объектов Корпорации «Иркут» построен русловой водозабор, расположенный на р. Ангара в нижнем бьефе на расстоянии 17 км от Иркутской ГЭС и имеющий проектную производительность 36 тыс. м<sup>3</sup>/сут (фактический расход – 18 м<sup>3</sup>/сут).

**Таблица 2.** Допустимые уровни работы водозаборов г. Иркутска, м  
**Table 2.** Permissible levels of operation of Irkutsk water intakes, m

Сооружение	Отметка водоприемной камеры	Отметка оси насоса	Мах отметка уровня воды
Ершовский водозабор	441,65	452,00	456,10
Сооружение № 1	433,36	438,00	456,10
Водозабор ОАО «Корпорация “Иркут”»	418,00	418,37	419,70 (01.01.2022) 419,11 (04.02.2022)

Работа данного водозабора напрямую зависит от колебаний уровня воды в р. Ангара.

Падение уровня воды до отметки 418,75 м неоднократно приводило к срыву работы водозабора. Поэтому для повышения надежности его работы была построена дополнительная насосная станция «Сарлин», которая в автоматическом режиме при падении уровня воды в р. Ангара ниже отметки 420,00 м начинает работать как подкачивающая насосная станция, чтобы обеспечить требуемый напор на входе в НС-1. Однако при уровне воды в р. Ангара 418,5 м и ниже сама подкачивающая насосная станция перестает работать. Иркутск является единственным городом в стране (с населением почти 630 тыс. чел.), в котором нет водопроводных очистных сооружений, вода дезинфицируется гипохлоритом натрия и поступает в городской водопровод. Ершовский водозабор выбран в таком месте, где вода, поступающая из оз. Байкал, не перемешивается с другими притоками и по качественным показателям удовлетворяет требованиям к питьевой воде. Вместе с тем, в настоящее время система обеспечения г. Иркутска питьевой водой является рискованной по следующим причинам. Во-первых, берега водохранилища во второй и третьей зонах охраны Ершовского водозабора застраиваются жилыми домами, в которых нет централизованной системы водоотведения, и сточные воды попадают в грунт и далее в водохранилище. В итоге качество воды на Ершовском водозаборе с каждым годом заметно ухудшается. Во-вторых, значительные колебания уровня воды в водохранилище приводят к смыву различных загрязнений, к интенсивному процессу абразии берегов и транспортированию взвесей, песка, растительности, древесины и др. непосредственно к водозабору. По указанным причинам возникает потребность в строительстве водопроводных очистных сооружений либо требуется переход на подземные источники воды, которых в настоящее время для г. Иркутска нет. Хорошо известное Иркутское месторождение

подземных вод (первоначальный эксплуатационный запас воды оценивался в 400 тыс. м<sup>3</sup>/сут) [12, 13], расположенное на правом берегу Иркутского водохранилища (15–21 км Байкальского тракта), образовалось в результате строительства Иркутской ГЭС и формирования Иркутского водохранилища (1960–1962 гг.). Сейчас оно постепенно перестает существовать по тем же самым причинам. На месте месторождения появились дачные и коттеджные поселки. Из-за колебания уровня воды в водохранилище и абразии берегов размывается водоносный подземный резервуар и существенно ухудшается качество подземных вод. В г. Ангарске четыре водозабора ковшевого типа, для них диапазоны уровней воды в реке Ангара не значительные (указаны в табл. 3). Водоснабжение г. Ангарск – наиболее зависимое от колебаний уровня воды в р. Ангара. Уже неоднократно все четыре водозабора находились в состоянии срыва их работы. Город Усолье-Сибирское в настоящее время снабжается водой от одного источника – ковшевого водозабора на р. Белая на расстоянии 105 км от Иркутской ГЭС. Отметка верха трубы всасывающего патрубка насосов составляет 396,60 м БС (табл. 4). На момент 19.01.2018 (маловодные годы) уровень воды в ковше составлял 298,05 м БС, и водозабор был на грани срыва. Если бы уровень упал всего на 30 см, город Усолье-Сибирское остался бы без воды. В то время был разработан ряд мероприятий по безопасной работе водозабора (углубление ковша, устройство сифонного трубопровода и др.). Но с наступлением полноводных лет о реализации этих мероприятий забыли. Братское водохранилище начинается в районе г. Свирска. Забор питьевой воды для нужд абонентов гг. Черемхово, Свирска, п. Михайловка и многих других населенных мест Черемховского района осуществляется от руслового водозабора, расположенного на левом берегу р. Ангара возле г. Свирск.

**Таблица 3.** Допустимые уровни работы водозаборов г. Ангарск

**Table 3.** Permissible levels of water intakes in Angarsk

Водозабор	Отметка дна канала водоприемного ковша	Min отметка уровня воды	Max отметка уровня воды	Производительность, тыс. м <sup>3</sup> /сут
ТЭЦ 10	409,65	411,8	416,4	2880,0
АЭЖК	409,50	412	416,3	1746,0
АНХК 1	403,5	406,4	412,3	792,0
АНХК 2	404,6	408,35	414,0	849,6

**Таблица 4.** Поверхностные водозаборы р. Ангара Иркутской области

**Table 4.** Surface water intakes of the Angara river of the Irkutsk region

Водозабор	Город	Расстояние от плотины	Критический (проектный) уровень воды (БС)	Проектная (фактическая) производительность, тыс. м <sup>3</sup> /сут
ООО «АкваСервис»	Усолье-Сибирское	93 км ниже створа плотины Иркутской ГЭС	396,60 (400,00)	288,0 (36,0)
ООО «Усольехимпром»	Усолье-Сибирское	92 км ниже створа плотины Иркутской ГЭС	395,20 (400,00)	3980,40 (не работает)
Свирск, Черемховский «Водоканал»	Черемхово	468 км от плотины Братской ГЭС	391,13 (395,00)	86,0 (28,0)

Проектная мощность – 86 тыс. м<sup>3</sup> в сутки, фактическая не более 22–28 тыс. м<sup>3</sup> в сутки. В 1980 г. при сработке Братского водохранилища до отметки 392,43 м БС при толщине льда в 1 м была полностью нарушена работа водозабора.

В оперативном порядке был смонтирован временный понтонный водозабор и стальной трубопровод, по которому вода подавалась непосредственно на водопроводные очистные сооружения, минуя насосную станцию первого подъема. С поднятием уровня воды понтонный водозабор был разобран.

В 2003 г. при отметке уровня в Братском водохранилище 394,42 м БС произошел срыв работы насосной станции 1 подъема по причине подъема донного льда в период ледохода. Приемные и рыбозащитные решетки были забиты шугой. Ликвидировать аварийную ситуацию удалось путем обратной подачи воды из насосной станции первого подъема. В 2017 г. водозабор тоже был на грани срыва. Для гарантированного и надежного водоснабжения Свирска и Черемховского района необходимо перейти на подземные источники воды.

Заметим, что рядом с существующим поверхностным водозабором имеется Свирское месторождение подземных вод,

которые соответствуют требованиям к качеству питьевой воды, и запас месторождения оценивается в 57,0 тыс. м<sup>3</sup>/сут [14, 15].

#### Заключение

Можно сформулировать следующие выводы:

1. Организацию системы обеспечения водой питьевого качества в прибрежных населенных территориях оз. Байкал и р. Ангара можно признать неудовлетворительной по следующим причинам:

– небольшие населенные пункты, туристические базы и садоводческие участки имеют подземные источники водоснабжения в виде неглубоких скважин и колодцев, уровень в которых незначителен и связан с оз. Байкал. При низких уровнях воды в оз. Байкал многие скважины и колодцы опустошаются. При высоких уровнях воды качество употребляемой воды значительно снижается (мутность, цветность, общее микробное число, др.);

– источники водоснабжения не имеют зон санитарной охраны, отсутствуют системы водоподготовки и обеззараживания воды, не организована система контроля за качеством потребляемой воды;

– в большинстве населенных пунктов и на туристических базах отсутствуют канализационные очистные сооружения, сточные воды

попадают в грунт, в поверхностные водоемы и в водоносные горизонты подземных источников воды.

2. В населенных пунктах, расположенных на берегу Иркутского водохранилища, отсутствуют водопроводные очистные сооружения, и нет систем обеззараживания воды. Централизованная система водоснабжения имеется только в п. Большая Речка от подземных источников воды. Все дачные поселки имеют летние водопроводы, организованные из подземных источников воды. Коттеджные поселки оснащены отдельными частными подземными водозаборами в виде неглубоких скважин (30–50 м), которые напрямую связаны с уровнем воды в Иркутском водохранилище.

3. В гг. Иркутск, Ангарск, Усолье-Сибирское, Свирск имеются поверхностные водозаборы из р. Ангара. Защищенным от колебания уровня воды является только Ершовский водозабор г. Иркутска.

4. Устойчивость работы водозаборов в гг. Усолье-Сибирское и Свирск напрямую зависит от колебания уровня воды в р. Ангара.

5. Необходимо переходить на подземные источники водоснабжения, включая инфильтрационные водозаборы, на которые изменения уровня режима в оз. Байкал и р. Ангара не оказывают значительного влияния. Возможны конструкции понтонных водозаборов либо организация береговых сооружений, работающих на всем диапазоне колебаний уровня воды в водоеме.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Никитин В. М., Абасов Н. В., Бычков И. В., Осипчук Е. Н. Уровенный режим озера Байкал: проблемы и противоречия // География и природные ресурсы. 2019. № 4. С. 74–83. [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2019-4\(74-83\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2019-4(74-83)).
2. Бычков И. В., Никитин В. М. Регулирование уровня озера Байкал: проблемы и возможные решения // География и природные ресурсы. 2015. № 3. С. 5–16.
3. 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. С. 273–295. <https://doi.org/10.15372/REG20150912>.
4. Абасов Н. В., Осипчук Е. Н., Никитин В. М., Бережных Т. В. Формирование и визуализация зон затопления в нижнем бьефе Иркутской ГЭС // Актуальные проблемы науки Прибайкалья. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. Вып. 1. С. 6–12.
5. Никитин В. М., Абасов Н. В., Бережных Т. В., Осипчук Е. Н. Озеро Байкал: риски маловодных и многоводных периодов // География и природные ресурсы. 2016. № S5. С. 29–38. [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2016-5\(29-38\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2016-5(29-38)).
6. Абасов Н. В., Болгов М. В., Никитин В. М., Осипчук Е. Н. О регулировании уровня озера Байкал // Водные ресурсы. 2017. Т. 44. № 3. С. 407–416. <https://doi.org/10.7868/S0321059617030026>.
7. Никитин В. М., Абасов Н. В., Бережных Т. В., Осипчук Е. Н. Ангаро-Енисейский каскад ГЭС

в условиях изменяющегося климата // Энергетическая политика. 2017. № 4. С. 62–71.

8. Абасов Н. В., Осипчук Е. Н., Никитин В. М., Бережных Т. В., Хмельнов А. Е., Гаченко А. С. Система моделей для анализа рисков экстремальной водности на реке Ангаре // Актуальные проблемы науки Прибайкалья. Иркутск: Изд-во Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2017. Вып. 2. С. 5–12.

9. Пупырев Е. И., Чупин В. Р. Особенности разработки региональной концепции развития системы водоотведения в центральной экологической зоне Байкальской природной территории // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. Т. 9. № 2 (29). С. 354–363. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2019-2-452-461>.

10. Pupyrev E. I., Chupin R. V., Gogina E. S., Makisha N. A., Nechaev I. A., Pukemo M. M. Elaboration of a Regional Concept for Developing a Water Disposal System for the Central Ecological Zone of the Baikal Natural Territory // Water Resources. 2020. Vol. 47. No. 4. p. 663-671. <https://doi.org/10.1134/S0097807820040144>.

11. Чупин В. Р. Современное состояние и проблемы питьевого водоснабжения г. Иркутска и Иркутской области // Водоснабжение и санитарная техника. 2017. № 11. С. 18–25.

12. Шенькман Б. М., Шолохов П. А., Шенькман И. Б. Железо и марганец в пресных подземных водах Иркутска // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2011. № 8 (55). С. 76–83.

13. Шенькман Б. М., Шолохов П. А., Шенькман И. Б. Подтопление Иркутска грунтовыми водами // География и природные ресурсы. 2011. № 2. С. 54–62.

14. Чупин Р. В., Пукемо М. М., Мелихов Е. С., Чупин В. Р. Совершенствование методики оптимизации и разработка предложения по созданию единой схемы водоотведения центральной экологической зоны Байкальской природной территории на примере Слюдянского района Иркутской области // Известия вузов: Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. Т. 9. № 1 (28). С. 144–157.

<http://dx.doi.org/10.21285/2227-2917-2019-1-144-157>.

15. Чупин В. Р., Мороз М. В. Оптимизация схемы водоотведения населенных мест и туристических баз “малого моря” и острова Ольхон озера Байкал // Качество городской среды: строительство, архитектура и дизайн: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. Иркутск: ИРНТУ, 2017. С. 282–295.

## REFERENCES

1. Nikitin VM, Abasov NV, Bychkov IV, Osipchuk EN. Level regime of lake Baikal: problems and contradictions. *Geografiya i prirodnye resursy = Geography and Natural Resources*. 2019;4:74-83. (In Russ.). [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2019-4\(74-83\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2019-4(74-83)).

2. Bychkov IV, Nikitin VM. Water-level regulation of lake Baikal: problems and possible solutions. *Geografiya i prirodnye resursy = Geography and Natural Resources*. 2015;3:5-16. (In Russ.).

3. Nikitin VM, Savel'ev VA, Berezhnykh TV, Abasov NV. Problems in hydropower development of lake Baikal: the past and the present. *Region: ekonomika i sotsiologiya = Regional Research of Russia*. 2015;3:273-295. (In Russ.). <https://doi.org/10.15372/REG20150912>.

4. Abasov NV, Osipchuk EN, Nikitin VM, Berezhnykh TV. Formation and visualization of flood zones in the downstream of the Irkutsk HPP. *Aktual'nye problemy nauki Pribaikal'ya*. Irkutsk: Izd-vo Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN; 2015. Vol. 1. p. 6-12. (In Russ.).

5. Nikitin VM, Abasov NV, Berezhnykh TV, Osipchuk EN. Risks of low- and high-water periods for lake Baikal. *Geografiya i prirodnye resursy = Geography and Natural Resources*. 2016;S5:29-38. (In Russ.). [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2016-5\(29-38\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2016-5(29-38)).

6. Abasov NV, Bolgov MV, Nikitin VM, Osipchuk EN. Level regime regulation in lake Baikal. *Vodnye resursy = Water Resources*. 2017;44(3):407-416. (In Russ.).

7. Nikitin VM, Abasov NV, Berezhnykh TV, Osipchuk EN. Angara-Yenisei hydroelectric power chain under changing climate conditions. *Energeticheskaya politika*. 2017;4:62-71. (In Russ.).

8. Abasov NV, Osipchuk EN, Nikitin VM, Berezhnykh TV, Khmel'nov AE, Gachenko AS. System of models for an analysis of extreme inflow risks on the Angara river. *Aktual'nye problemy nauki Pribaikal'ya*. Irkutsk: Izd-vo Instituta geografii im. V. B. Sochavy SO RAN; 2017. Vol. 2. p. 5-12. (In Russ.).

9. Pupyrev EI, Chupin VR. Features of regional development of water disposal systems in the

central ecological zone of the Baikal natural territory. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2019;9(2):354-363. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2019-2-452-461>.

10. Pupyrev EI, Chupin RV, Gogina ES, Makisha NA, Nechaev IA, Pukemo MM. Elaboration of a Regional Concept for Developing a Water Disposal System for the Central Ecological Zone of the Baikal Natural Territory. *Water Resources*. 2020;47(4):663-671. (In Russ.).

11. Chupin VR. The current state and problems of the public water supply system of the city of Irkutsk and Irkutsk area. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika = Water supply and sanitary technique*. 2017;11:18-25. (In Russ.).

12. Shen'kman BM, Sholokhov PA, Shen'kman IB. Iron and manganese in Irkutsk fresh groundwaters. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Proceedings of Irkutsk State Technical University*. 2011;8(55):76-83. (In Russ.).

13. Shen'kman BM, Sholokhov PA, Shen'kman IB. Flooding of Irkutsk with groundwater. *Geografiya i prirodnye resursy = Geography and Natural Resources*. 2011;2:54-62. (In Russ.).

14. Chupin RV, Pukemo MM, Melikhov ES, Chupin VR. Unified wastewater disposal scheme for the central Baikal ecological zone on the example of the Slyudyansky district of the Irkutsk region: methodological optimisation and design proposal. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2019;9(1):144-157. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.21285/2227-2917-2019-1-144-157>.

15. Chupin VR, Moroz MV. Optimization of the water disposal scheme for populated areas and tourist bases of the “small sea” and Olkhon Island of Lake Baikal. *Kachestvo gorodskoi sredy: stroitel'stvo, arkhitektura i dizain: mat-ly Vseros. nauch.-prakt. konf. Irkutsk: IRNITU; 2017. p. 282-295. (In Russ.).*

### Информация об авторах

**Р. В. Чупин,**  
доктор технических наук,  
профессор кафедры городского  
строительства и хозяйства,  
Иркутский национальный исследовательский  
технический университет,  
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,  
Россия,  
e-mail: ch-r-v@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-6163-909X>

**В. А. Бобер,**  
аспирант кафедры городского строительства  
и хозяйства,  
Иркутский национальный исследовательский  
технический университет,  
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,  
Россия,  
e-mail: viktorbober200400@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8340-6222>

### Вклад авторов

Чупин Р. В. и Бобер В. А. имеют равные авторские права. Бобер В. А. несет ответственность за плагиат.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 07.04.2022.  
Одобрена после рецензирования 04.05.2022.  
Принята к публикации 06.05.2022.

### Information about the authors

**Roman V. Chupin,**  
Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Department  
of Urban Development and Municipal Economy,  
Irkutsk National Research Technical University,  
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,  
e-mail: ch-r-v@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-6163-909X>

**Viktor A. Bober,**  
Graduate Student of the Department of Urban  
Development and Municipal Economy,  
Irkutsk National Research Technical University,  
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,  
e-mail: viktorbober200400@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8340-6222>

### Contribution of the authors

Chupin R. V. and Bober V. A. have equal author's rights. Bober V. A. bears the responsibility for plagiarism.

### Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

The article was submitted 07.04.2022.  
Approved after reviewing 04.05.2022.  
Accepted for publication 06.05.2022.