

## ОПАСНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В БАССЕЙНЕ ВЕРХНЕЙ ОБИ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ\*

© 2018 г. А.В. Пузанов, А.Т. Зиновьев, Д.М. Безматерных,  
В.Ф. Резников, Д.Н. Трошкин

*ФГБУН «Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения  
Российской академии наук», г. Барнаул, Россия*

**Ключевые слова:** Обь-Иртышский бассейн, р. Обь, опасные гидрологические явления, половодье, паводок, наводнение, русловые процессы, моделирование, наблюдение, прогнозы.

Экстремальные гидрологические явления представляют значительную угрозу жизни населения в бассейне Верхней Оби. В 2014 и 2018 гг. имели место чрезвычайные гидрологические ситуации, обусловленные экстремальным, сложно прогнозируемым паводком с расходами воды редкой повторяемости. Эти опасные гидрологические явления сформировались в результате сочетания аномальных гидрометеорологических условий: положительной температурной аномалии, вызвавшей таяние снега и ледников в горах, и формированием аномальной по объему, площади и продолжительности зоны дождевых осадков в бассейне Верхней Оби. В 2016–2017 гг. серьезной проблемой в бассейне Верхней Оби стало подтопление талыми и грунтовыми водами населенных пунктов и объектов инфраструктурного обустройства территорий.

В будущем риск наводнений и иного негативного воздействия вод будет сохраняться и усиливаться в связи с учащением опасных гидрологических явлений из-за природно-климатических изменений последних лет, продолжающимся антропогенным освоением периодически подтапливаемых территорий. Прогнозирование опасных гидрологических явлений, изучение их динамики является важной задачей, для решения которой используются различные методы.

Экстремальные (опасные) гидрологические явления представляют значительную угрозу жизни населения, объектам экономики, окружающей природной среде. Принятая терминология опасных явлений, их критерии, а также классификации чрезвычайных ситуаций природного характера изложены в ряде правовых нормативных документов Российской Федерации [1–4].

\* Работа выполнена при поддержке ФАНО (Сводный план экспедиционных исследований на научно-исследовательских судах), а также Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук

Опасные гидрологические явления обусловлены негативными проявлениями различных гидрологических процессов: весенними половодьями и дождевыми паводками, маловодьями, ледовыми затруднениями на реках, русловыми процессами и т. д. Наводнения на реках, вызываемые половодьями и паводками редкой повторяемости, относятся к числу наиболее опасных природных бедствий как в нашей стране, так и в мире. Крупные наводнения на сибирских реках наблюдаются регулярно. Они имели место на р. Лене (катастрофические затопления городов Ленск и Якутск в начале XXI в.), на р. Амур (в июле–сентябре 2013 г. в результате дождевого паводка, сформировавшегося на реках бассейна р. Амур, произошло наводнение на огромных территориях Дальнего Востока России и северо-востока Китая, ставшее одним из наиболее масштабных стихийных бедствий XXI в.) [5, 6].

Важным примером, хотя и меньшего масштаба, являются ситуации, достаточно часто складывающиеся при прохождении волн весенних половодий и дождевых паводков на Верхней Оби и ее притоках, вызывающие затопление пойменных территорий и осложняющие эксплуатацию Новосибирского гидроузла [7].

Река Обь – одна из крупнейших рек, вместе с Катунью имеет протяженность 4338 км, площадь бассейна – 2990 тыс. км<sup>2</sup>. В верховьях Оби в настоящее время от места слияния рек Бия и Катунь до Новосибирского водохранилища выделяется участок Верхней Оби протяженностью (без Новосибирского водохранилища) около 500 км. Средний расход на Верхней Оби у г. Барнаула – 1,46 тыс. м<sup>3</sup>/с, минимальный – 162 м<sup>3</sup>/с, максимальный – 12,6 тыс. м<sup>3</sup>/с. Специфика гидрологического режима Верхней Оби определяется горно-равнинным характером ее водосборной территории [8].

Для бассейна Верхней Оби характерны различные проблемы водообеспечения и водопользования. Вододефицитные районы бассейна приурочены к его степной части и, в большей степени, относятся к области замкнутого стока Обь-Иртышского междуречья. Для других территорий бассейна Верхней Оби актуальными являются проблемы наводнений и подтоплений. Именно особенности гидрологического режима Верхней Оби обуславливают возникновение на этих территориях чрезвычайных ситуаций, связанных с наводнениями при больших расходах воды во время весенних половодий и дождевых паводков, вероятность которых оценивается как высокая [9, 10].

С начала инструментальных наблюдений на реках бассейна Верхней Оби самые крупные наводнения зафиксированы в 1920, 1928, 1937, 1954, 1958, 1969 и 2010 гг. В 2014 г. в бассейне Верхней Оби имела место чрезвычайная гидрологическая ситуация, обусловленная экстремальным, сложно прогнозируемым паводком с расходами воды редкой повторяемости. Это опасное гидрологическое явление сформировалось в результате сочетания

аномальных гидрометеорологических условий: положительной температурной аномалии, вызвавшей таяние снега и ледников в горах и формированием аномальной по объему, площади и продолжительности зоны дождевых осадков в бассейне Верхней Оби [11]. Оказались затопленными и подтопленными большое количество населенных пунктов, разрушены мосты и гидротехнические сооружения, имелись человеческие жертвы.

Наводнение также затронуло Хакасию и Туву. Всего в зону затопления и подтопления попало более 70 тыс. человек. По оценкам специалистов, обеспеченность максимального расхода данного паводка в районе г. Барнаула была около 3 %. Общий материальный ущерб только на территории Алтайского края составил около 5 млрд руб.

Риск наводнений и иного негативного воздействия вод будет сохраняться и усиливаться в будущем: в связи с учащением опасных гидрологических явлений из-за природно-климатических изменений последних лет; продолжающимся антропогенным освоением периодически подтапливаемых территорий; недостаточной надежностью прогнозирования негативных гидрологических процессов. В конце марта 2018 г. в бассейне Верхней Оби имела место опасная гидрологическая ситуация, сформировавшаяся в результате сочетания таких аномальных гидрометеорологических условий как положительная температурная аномалия и весьма интенсивные осадки в виде снега. Хотя сам паводок имел достаточно специфический и локальный характер и небольшие расходы, но по масштабам проявления произошедшие в 2014 и 2018 гг. опасные гидрологические события классифицировались как природные чрезвычайные ситуации федерального характера. На ряде территорий Алтайского края был введен режим чрезвычайной ситуации.

Прогнозирование опасных гидрологических ситуаций и изучение обуславливающих их гидрологических процессов являются важными задачами, для решения которых используются различные подходы и методы. В этих направлениях для бассейна Оби выполнены работы сотрудниками кафедры гидрологии Томского государственного университета [12–14] и Сибирского регионального научно-исследовательского гидрометеорологического института [15, 16]. В ИВЭП СО РАН также развиваются различные научные подходы для изучения опасных гидрологических ситуаций: классические гидрологические стохастические исследования; изучение процессов формирования стока в бассейне; математическое моделирование волн половодий и паводков, разработка дистанционных микроволновых методов космического мониторинга предвестников опасных гидрологических явлений и т. д.

Для оперативных целей защиты населения и объектов инфраструктуры на затапливаемых территориях особое значение имеют методы краткосрочного прогнозирования половодий и паводков, основанные на моделировании

и данных натурных наблюдений. Для описания течений на участках рек, в т. ч. со сложной морфометрией русла и поймы, в ИВЭП СО РАН разработаны вычислительные комплексы на основе одномерных и двумерных уравнений Сен-Венана, создано геоинформационное обеспечение для решения гидрологических задач и построены компьютерные модели для расчета сценариев затопления отдельных участков пойменных территорий и прогноза прохождения весенних половодий и дождевых паводков на Верхней Оби [17–20]. Использование методов математического моделирования позволило по данным о подъеме уровней воды на р. Оби (г/п Фоминское ниже г. Бийска) и ее крупных притоках (реки Чарыш, Алей, Чумыш) с заблаговременностью до 3–5 дней дать прогнозы максимальных уровней у городов Барнаул и Камень-на-Оби в период экстремального дождевого паводка на Алтае в 2014 г. и весеннего половодья 2015 г. По отметкам максимальных уровней воды в створе г/п Барнаул получено хорошее совпадение спрогнозированных и реально наблюдаемых максимальных уровней воды. Так, максимальный уровень воды, наблюдаемый у г. Барнаула 9 июня 2014 г., равнялся 702 см (обеспеченность 3 %); максимальный расчетный уровень – 700 см [19, 21].

Близость результатов краткосрочных прогнозов с данными наблюдений, в т. ч. по уровням воды на г/п Барнаул, показала, что разработанная компьютерная одномерная модель течений в системе русел Верхней Оби может быть успешно использована для краткосрочной оценки уровней затоплений пойменных территорий рассматриваемого участка Оби при весенних половодьях и дождевых паводках, а также для установления режима сбросов из Новосибирского водохранилища.

Для решения вопросов, связанных с эксплуатацией водохранилищ, важна разработка методик среднесрочного прогнозирования талого стока [21–23]. Для среднесрочного прогноза объемов половодья у г. Барнаула предложена методика, основанная на выявленной связи объема талого стока предгорных районов со средним коэффициентом снежности текущего года на низкогорных ГМС (Змеиногорск, Краснощеково, Солонешное, Чарышское, Кызыл-Озёк, Турочак, Чемал и Шебалино). Среднесрочный прогноз объема первой волны половодья 2015 г. с использованием данных текущего года был выпущен в начале апреля 2015 г. (заблаговременность – 1 месяц). Расчет по коэффициенту снежности показал, что объем первой волны половодья будет примерно на 20 % выше среднего многолетнего, если в период снеготаяния (апрель-май) не выпадет значительных жидких осадков [21]. Следует отметить, что в общем случае развитие весеннего половодья существенно определяется метеорологическими условиями (ход температуры воздуха, жидкие осадки) на водосборе Верхней Оби в апреле-мае каждого конкретного года. Для прогнозов талого стока важна уточненная информация о

пространственном распределении снежного покрова. Для этого проанализирована пространственная дифференциация основных характеристик снежного покрова и факторы, влияющие на величину снегонакопления в различных геосистемах бассейна Верхней Оби [24]. Разработан и опробован в бассейне Верхней Оби алгоритм дистанционной оценки вероятности возникновения опасных гидрологических явлений на основе данных дистанционного зондирования подстилающей поверхности в видимом, инфракрасном и микроволновом диапазонах. Определяемыми параметрами при этом являются площадь затопленных земель и увлажненность почвы [25].

Наряду с прогностическими расчетами расходов и уровней на Верхней Оби выполнены инструментальные гидрологические наблюдения в нескольких репрезентативных створах на р. Оби, в т. ч. у г. Барнаула. Режимные наблюдения за гидрологической ситуацией на разных участках Верхней Оби с применением аппаратно-программного комплекса (АПК) Sontek River Surveyor Live ведутся несколько лет, для чего используются специально организованные геодезические сети. В весенние периоды 2014–2015 гг. проведены измерения расходов воды Оби в нескольких характерных створах у г. Барнаула при максимально высоких уровнях воды. Данные измерений расходов воды используются для дальнейшего уточнения прогностических компьютерных моделей [19].

### **Математическое моделирование и наблюдения русловых процессов**

Для изучения и прогнозирования опасных гидрологических явлений на Верхней Оби математическое моделирование и наблюдения русловых процессов являются важным направлением исследований ИВЭП СО РАН [26]. Проблема количественного описания и прогнозирования хода руслового процесса, т. е. динамики вертикальных и плановых деформаций русла, имеет весьма важное не только теоретическое, но и практическое значение, обусловленное негативным воздействием, которое часто оказывает ход руслового процесса на хозяйственную деятельность.

Моделирование русловых процессов является одной из наиболее сложных задач речной гидравлики. Актуальность исследования русловых процессов вызвана наличием в непосредственной близости от рек населенных пунктов, систем коммуникаций, сельхозугодий и других объектов хозяйственной деятельности, строительством гидротехнических сооружений, развитием систем речных перевозок. Негативными проявлениями процессов деформации русел являются разрушение берегов рек, перераспределение водных потоков, обмеление судоходных участков и т. д. Любое антропогенное вмешательство, приводящее к изменению геометрии речных русел, объемов стока воды или объемов твердого стока в пределах урбанизированной территории должно быть подвергнуто тща-

тельному количественному анализу с использованием методов математического моделирования.

Так, примыкающая к руслу р. Оби территория столицы Алтайского края г. Барнаула характеризуется наличием значительного числа объектов хозяйственной инфраструктуры, имеющих критически важное значение. Здесь располагаются два городских водозабора, обеспечивающих более 90 % водоснабжения города, переходы высоковольтных ЛЭП, подводные выпуски очистных сооружений. Данный участок реки является также районом достаточно интенсивного пассажирского и грузового судоходства. Динамика руслового процесса на р. Оби на рассматриваемом участке оказывает на все эти объекты существенное негативное воздействие. В настоящее время в результате перестройки рельефа русла фактически блокирована нормальная работа городского водозабора № 1. Для обеспечения его функционирования, хотя бы в условиях половодья, приходится периодически разрабатывать канал через песчаные русловые отложения длиной более 300 м. Кроме того, перспективные инженерные мероприятия в русле и пойме реки могут изменить гидравлический, а значит и русловой режим реки на рассматриваемом участке. К примеру, генеральным планом развития города предусмотрено сооружение нового автомобильного мостового перехода и подъездных путей к нему, что связано с определенными инженерными работами в русле реки. Направленность и масштабы изменений развития русловых процессов под влиянием данных работ требуют тщательного изучения и количественной оценки [27].

В настоящее время эти вопросы анализируются методом компьютерного моделирования с привлечением данных натурных наблюдений. Для математического описания русловых процессов применяется подход, изложенный в работе [28] и использованный для оценки влияния планируемого крупномасштабного строительства в правобережной пойме Оби у г. Барнаула на русловую поток и транспорт речных наносов.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Особенности гидрологического режима Верхней Оби обуславливают вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций в бассейне реки, оцениваемую как наиболее высокую для наводнений, вызванных половодьями и паводками. Риск наводнений и иного негативного воздействия вод будет сохраняться и усиливаться в будущем. Для прогнозирования крупных наводнений в бассейне Верхней Оби в ИВЭП СО РАН разрабатываются и применяются различные взаимодополняемые подходы и методы. Для расчетов волн половодий и паводков в системах русел построены компьютерные модели течений в системе рек Верхней Оби, что позволяет с заблаговременностью до 3–5 дней прогнозировать максимальные уровни у городов Барнаул



и Камень-на-Оби и приточность в Новосибирское водохранилище. Разработан алгоритм оценки вероятности возникновения опасных гидрологических явлений на основе ДДЗ, где определяемыми параметрами являются площадь затопленных земель и увлажненность почвы. Это практически важно для научного обеспечения и поддержки принятия управленческих решений при разработке и реализации инженерных и организационных мероприятий по защите территории и населения при наводнениях и для решения различных вопросов, связанных с отселением людей и ведением хозяйства на затапливаемых территориях.

Для прогнозов последствий негативного развития русловых процессов на Верхней Оби в ИВЭП СО РАН построены и апробированы комплексные математические модели, описывающие динамику течений и транспорт взвешенных и влекомых речных наносов. Выполненные исследования тесно связаны с более точным описанием русловых процессов р. Оби в районе г. Барнаула. Эффективность мероприятий по обеспечению устойчивой эксплуатации городских речных водозаборов во многом зависит от того, в какой мере они учитывают специфику протекающих русловых процессов. Наблюдающиеся в настоящее время негативные изменения плановых очертаний русла Оби, вертикальных отметок дна и смещений форм руслового рельефа у водозаборов с высокой вероятностью ведут к опасным гидрологическим ситуациям. Использование разработанной уточненной компьютерной модели течения р. Оби в районе речных водозаборов позволяет более точно прогнозировать местные деформации русла в различных гидрологических ситуациях, а также разрабатывать и обосновывать инженерные предложения по улучшению ситуации с водообеспечением г. Барнаула.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 22.0.03-97. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации. Термины и определения.
2. Постановление Правительства РФ от 21.05.2007 № 304 (ред. от 17.05.2011) «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
3. РД 52.88.699-2008. Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений: утв. приказом Росгидромета от 16.10.2008 № 387.
4. РД 52.04.563-2013. Инструкция по подготовке и передаче штормовых сообщений наблюдательными подразделениями: утв. приказом Росгидромета от 27.12.2013 № 730.
5. Кильмянинов В.В. Катастрофическое наводнение на р. Лена у г. Ленск // Метеорология и гидрология. 2001. № 12. С. 79–83.
6. Данилов-Данильян В.И., Гельфан А.Н., Мотовилов Ю.Г., Калугин А.С. Катастрофическое наводнение 2013 года в бассейне реки Амур: условия формирования, оценка повторяемости, результаты моделирования // Водные ресурсы. 2014. Т. 41. № 2. С. 111–122.

7. Васильев О.Ф., Семчуков А.Н. Создание современных систем оперативного прогнозирования половодий и паводков как один из путей модернизации средств управления работой гидроэлектростанций в многоводные периоды // Гидротехническое строительство. 2012. № 2. С. 21–26.
8. География Сибири в начале XXI века: Т. 5. Западная Сибирь / отв. ред. Ю. И. Винокуров, Б.А. Красноярова. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2016. 447 с.
9. Пузанов А.В., Винокуров Ю.И., Безматерных Д.М., Атавин А.А., Зиновьев А.Т., Кириллов В.В., Красноярова Б.А., Ловицкая О.В., Папина Т.С., Рыбкина И.Д. Водные ресурсы и водохозяйственный комплекс Обь-Иртышского бассейна // Водные ресурсы Центральной Азии и их использование: матер. международ. науч.-практ. конф. Т. 1. Алматы, 2016. С. 388–394.
10. Пузанов А.В., Безматерных Д.М., Винокуров Ю.И., Зиновьев А.Т., Кириллов В.В., Красноярова Б.А., Рыбкина И.Д., Котовщиков А.В., Дьяченко А.В. Современное состояние и экологические проблемы Обь-Иртышского бассейна // Водное хозяйство России. 2017. № 6. С. 106–118.
11. Васильев О.Ф., Зиновьев А.Т., Кошелев К.Б., Дьяченко А.В., Коломейцев А.А. Экстремальный дождевой паводок 2014 г. в бассейне Верхней Оби: условия формирования, прогнозирование и натурные наблюдения // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: Тр. II Всерос. науч. конф., Т. 1. Барнаул: ИВЭП СО РАН, 2014. С. 9–16.
12. Голубева А.Б., Земцов В.А. Оценка опасности и рисков наводнений в г. Барнауле (пос. Затон) // Вестник Томского государственного университета. 2013. № 373. С. 183–188.
13. Земцов В.А., Вершинин Д.А., Инишев Н.Г. Имитационное моделирование заторов (на примере р. Томь, Западная Сибирь) // Лед и Снег. 2014. № 3 (127). С. 59–68.
14. Zetsov V.A., Parotov V.V., Kopysov S.G., Koutraev A.V., Negrul S.V. Hydrological risks in Western Siberia under the changing climate and anthropogenic influences conditions // International Journal of Environmental Studies. 2014. Vol. 71. No 5. P. 611–617.
15. Бураков Д.А., Авдеева Ю.В., Космакова В.Ф. Наводнения в бассейнах рек Сибири // Сб. трудов СибНИГМИ. 2006. Вып. 105. Гидрометеорология Сибири. С. 83–102.
16. Завалишин Н.Н., Виноградова Г.М., Пальчикова Н.В., Романов Л.Н., Бочкарева Е.Г., Орлова З.С. «КАССАНДРА-СИБИРЬ» — технология подготовки долгосрочных гидрометеорологических прогнозов по Сибири // Сб. трудов СибНИГМИ. 2011. Вып. 106. Проблемы гидрометеорологических прогнозов, экологии, климата Сибири. С. 13–25.
17. Зиновьев А.Т., Кошелев К.Б. Моделирование процесса затопления пойменных территорий для участков крупных рек со сложной морфометрией русла и поймы // Водное хозяйство России. 2013. № 6. С. 17–31.
18. Зиновьев А.Т., Ловицкая О.В., Балдаков Н.А., Дьяченко А.В. Геоинформационное обеспечение для решения гидрологических задач // Вычислительные технологии. 2014. № 3. С. 60–72.
19. Зиновьев А.Т., Кошелев К.Б., Дьяченко А.В., Коломейцев А.А. Экстремальный дождевой паводок 2014 г. в бассейне Верхней Оби: причины, прогноз и натурные наблюдения // Водное хозяйство России. 2015. № 6. С. 93–104.
20. Ловицкая О.В., Кошелев К.Б., Балдаков Н.А. WEB-ГИС для визуализации результатов моделирования опасных гидрологических ситуаций // Известия АО РГО. 2015. № 4 (39). С. 49–52.
21. Зиновьев А.Т., Галахов В.П., Кошелев К.Б. О результатах прогнозирования весеннего половодья на Верхней Оби в 2015 году // Водное хозяйство России. 2016. № 3. С. 58–68.



22. *Галахов В.П.* Условия формирования половодья малой горной реки (по исследованиям в бассейне реки Майма) // Известия АО РГО. 2015. № 3. С. 35–40.
23. *Галахов В.П., Мардасова Е.В., Люцигер Н.В., Самойлова С.Ю.* Влияние осеннего промерзания на максимальные уровни бассейна реки Чарыш // Известия АО РГО. 2018. № 2 (49). С. 54–57.
24. *Черных Д.В., Золотов Д.В., Першин Д.К., Бирюков Р.Ю., Лубенец Л.Ф.* Ландшафтная дифференциация снегонакопления в южной лесостепи Приобского плато в условиях многоснежного зимнего периода 2016/2017 гг. // Современные проблемы географии и геологии. К 100-летию открытия естественного отделения в ТГУ: матер. IV всерос. науч.-практ. конф. Томск: Изд-во ТГУ, 2017. С. 341–344.
25. *Романов А.Н., Люцигер А.О., Трошкин Д.Н., Хвостов И.В., Уланов П.Н., Люцигер Н.В.* Космический микроволновый мониторинг опасных гидрологических явлений на юге Западной Сибири. Барнаул: Изд-во «Пять плюс», 2017. 108 с.
26. *Винокуров Ю.И., Зиновьев А.Т.* Математическое моделирование русловых процессов с использованием ГИС-технологий для повышения социальной, экономической и экологической безопасности // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2008. № 3. С. 82–89.
27. *Марусин К.В., Дьяченко А.В., Коломейцев А.А., Вагнер А.А.* Современная динамика русла реки Обь в районе барнаульского водозабора №1 по данным натурных наблюдений // Известия АО РГО. 2017. № 4 (47). С. 52–61.
28. *Зиновьев А.Т., Кошелев К.Б., Марусин К.В., Кошелева Е.Д.* Математическое моделирование руслового потока для прогнозов влияния строительства в поймах на гидрологический режим крупных рек (на примере реки Обь) // Водное хозяйство России. 2017. № 2. С. 54–72.

#### **Сведения об авторах:**

Пузанов Александр Васильевич, д-р биол. наук, профессор, директор, ФГБУН «Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук» (ИВЭП СО РАН), Россия, 656038, Барнаул, ул. Молодежная, 1; e-mail: [puzanov@iwer.ru](mailto:puzanov@iwer.ru)

Зиновьев Александр Тимофеевич, д-р техн. наук, заведующий лабораторией гидрологии и геоинформатики, ФГБУН «Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук» (ИВЭП СО РАН), Россия, 656038, Барнаул, ул. Молодежная, 1; e-mail: [zinoviev@iwer.ru](mailto:zinoviev@iwer.ru)

Безматерных Дмитрий Михайлович, д-р биол. наук, доцент, заместитель директора по научной работе, ФГБУН «Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук» (ИВЭП СО РАН), Россия, 656038, Барнаул, ул. Молодежная, 1; e-mail: [bezmater@iwer.ru](mailto:bezmater@iwer.ru)

Резников Виктор Федорович, научный сотрудник, лаборатория водных ресурсов и водопользования, ФГБУН «Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук» (ИВЭП СО РАН), Россия, 656038, Барнаул, ул. Молодежная, 1; e-mail: [rvf@iwer.ru](mailto:rvf@iwer.ru)

Трошкин Дмитрий Николаевич, канд. физ.-мат. наук, ученый секретарь, ФГБУН «Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук» (ИВЭП СО РАН), Россия, 656038, Барнаул, ул. Молодежная, 1; e-mail: [uchsec@iwer.ru](mailto:uchsec@iwer.ru)