

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЧУМЫШ

© 2018 г. Е.Ю. Седова, И.Д. Рыбкина

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

Ключевые слова: антропогенная нагрузка, прямые и косвенные воздействия, водные объекты, речной бассейн, р. Чумыш, водные ресурсы, региональное развитие, качество воды, водоохранные мероприятия.



Е.Ю. Седова



И.Д. Рыбкина

В условиях недостатка исходной информации для оценки антропогенной нагрузки в бассейнах средних и малых рек предлагается методика пространственного анализа прямых (сосредоточенных) и косвенных (площадных или рассредоточенных) воздействий на водные объекты и их водосборные территории. Методика позволяет выполнить сравнительную оценку вклада прямых и косвенных нагрузок с помощью индексов демографического, промышленного, сельскохозяйственного и транспортного развития муниципальных образований, расположенных в пределах речного бассейна. В каждой группе параметров выделены основные и усугубляющие показатели, которые нормируются для приведения их к безразмерному виду. Исходная водохозяйственная информация получена на основе данных крупных водопользователей согласно государственной статистической отчетности по форме № 2-ТП (водхоз).

Апробация методики осуществлена на примере бассейна р. Чумыш, представляющем единый водохозяйственный участок. Для территории бассейна характерно соседство трех регионов – угледобывающей Кемеровской области, сельскохозяйственного Алтайского края, инновационно развитой Новосибирской области. На основе выполненных расчетов проведено зонирование территории речного бассейна по совокупной антропогенной нагрузке с картографическим отображением доли и степени ее основных видов. Полученные результаты согласуются с данными системы мониторинга Росгидромета и рекомендуются к использованию в целях разработки программных мероприятий природо- и водоохранной направленности.

В последние годы пристальное внимание уделяется трансграничным или международным речным бассейнам [1, 2], с которыми связывают проблемы межгосударственного вододелиения и загрязнения основных водотоков. Однако в России местный сток составляет 95 % общих ресурсов рек [3, 4] и потому вопросы межрегионального изучения речных бассейнов для нашего государства весьма актуальны.

Речные бассейны, расположенные в пределах нескольких регионов, зачастую интенсивно используются только в одном субъекте Федерации. Как правило, нижележащие по течению территории вынуждены довольствоваться количеством и качеством водных ресурсов, поступающих от «соседа». Такова, к примеру, ситуация в сфере водопользования на территории бассейна р. Томь Кемеровской и Томской областей. Еще одним, правда, не столь значительным примером «нежелательного» соседства является бассейн р. Чумыш для Кемеровской, Новосибирской областей и Алтайского края.

Интенсивное освоение водосборных территорий в результате хозяйственной деятельности человека представляет одну из главных причин поступления загрязняющих веществ в водные объекты. При этом мониторинг качества речных вод ведется, в основном, на крупных водотоках, вблизи городов и лишь на отдельных сельских населенных пунктах. Выявить источник загрязнения или оценить вклад диффузного стока для малых и средних водосборов, как показывают проведенные исследования [5], чаще всего, затруднительно или даже не представляется возможным из-за отсутствия наблюдаемого ряда показателей гидрохимического состояния и антропогенной нагрузки на водный объект, достоверной водохозяйственной статистической информации.

В этих условиях обобщенный анализ водопользования и оценка антропогенных воздействий на водосборе выступают превентивным инструментом, который способен определить геоэкологические условия функционирования водохозяйственного комплекса территории и дать возможность внести коррективы в управление водными ресурсами межрегиональных речных бассейнов РФ как на уровне отдельных субъектов, так и водного объекта, и его бассейна в целом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Бассейн р. Чумыш расположен в пределах Салаирского кряжа и Бийско-Чумышской возвышенности. Главной рекой является Чумыш – правый приток Оби, имеющий длину водотока 644 км и площадь водосбора 23 400 км². К наиболее крупным притокам р. Чумыш относятся реки Уксунай, Сунгай, Аламбай, Тогул. Согласно методике гидрографического районирования [6], по площади водосбора Чумыш относится к средним рекам.

Исток Чумыша находится в Кемеровской области, река образуется путем слияния Кара-Чумыша и Томь-Чумыша. Именно здесь, в верховьях бассейна, создано водохранилище хозяйственно-питьевого назначения для водоснабжения угледобывающих центров Кузбасса – Прокопьевска и Кисилевска. По данным водоканала г. Прокопьевска, для обеспечения населения питьевой водой на этом участке в 2016 г. забрано почти 40 млн м³. Сброс сточных вод в бассейн р. Чумыш составляет порядка 7 млн м³/год, остальная часть сбрасывается в бассейн р. Томь.

Далее р. Чумыш течет по территории Алтайского края, в пределах бассейна в этом субъекте Федерации расположены аграрно развитые сельские территории (восемь муниципальных районов), а также город краевого подчинения – центр коксохимической промышленности на Алтае – Заринск с объемами забранных и сброшенных вод в 2016 г. свыше 17 млн м³/год и около 4 млн м³/год соответственно.

В Новосибирской области на территории бассейна объемы водопотребления и водоотведения не столь значительны и не превышают 1–2 млн м³/год. Как и в соседнем Алтайском крае земли используются сельским хозяйством, в основном, под посевы зерновых культур. Развита переработка сельскохозяйственного сырья и пищевая промышленность.

На всем протяжении бассейн р. Чумыш характеризуется значительным ландшафтным разнообразием: наряду с горно-таежными массивами встречаются лесостепные и степные участки. Для освоенных частей Салаирской тайги в пределах Алтайского края характерна заготовка древесины, для степных и лесостепных территорий Кемеровской и Новосибирской областей, Алтайского края – земледелие и животноводство.

В целом бассейн р. Чумыш, согласно водохозяйственному районированию Российской Федерации, представляет единый водохозяйственный участок (ВХУ), в пределах которого водопотребление ежегодно составляет 40–60 млн м³ забранных вод, в отдельные годы до 80–90 млн м³. При этом из поверхностных водных объектов потребляется более 80–85 % общего объема используемых вод, остальная часть приходится на подземные водные источники. Используется свежая вода, главным образом, на хозяйственно-питьевые и производственные нужды – 81 и 18 % соответственно. Потери при транспортировке не превышают 5–6 %. Доля оборотного и повторно-последовательного водоснабжения в промышленном производстве высока и достигает 90–95 %.

Как показывают проведенные в рамках исследования расчеты, проживающее в бассейне население (почти 200,0 тыс. чел.) надежно обеспечено водными ресурсами: 13,0 тыс. м³/чел. в годы минимальной водности и 20,0 тыс. м³/чел. в средние по водности годы (50 % обеспеченности), что

по международным нормам и критериям соответствует высокой степени водообеспеченности [7–9].

Согласно государственной статистической отчетности № 2-ТП (водхоз), коэффициент изъятия водных ресурсов колеблется от 1,5 % в средние по водности годы до 2,1–2,3 % в минимальные годы 95 % обеспеченности и трехлетние минимальные периоды с учетом безвозвратного водопотребления. Даже при самых высоких объемах водопотребления коэффициент изъятия не превышает 3,5 %, что соответствует низкому значению водного стресса – до 10 % [9]. Следует констатировать, что и такие достаточно подробные расчеты водообеспеченности и нагрузки на водные ресурсы не отражают детальной обстановки в речном бассейне. Остаются не учтенными, например, источники диффузного стока, как правило, имеющие значительные величины для водосборов малых и средних рек [10]. Однако оценка диффузного стока не представляется возможной в условиях недостатка исходной информации, поэтому предлагается следующее решение обозначенной проблемы.

Совокупность антропогенных нагрузок (забор свежей воды и сбросы сточных вод промышленных предприятий, вынос растворенных и взвешенных примесей с сельскохозяйственных угодий и др.) требуется разделить на прямые и косвенные воздействия, как это принято в научной литературе [11, 12]. В условиях отсутствия или недостаточности данных по прямым нагрузкам в случае комплексных исследований речных бассейнов обычно прибегают к оценке косвенных воздействий. С учетом предыдущего опыта работ [13–16], предлагается следующая методика расчета совокупной антропогенной нагрузки с использованием показателей косвенного (площадного) и прямого (точечного) антропогенного воздействия.

Косвенное воздействие рассчитывается, исходя из данных официальной государственной статистики по муниципальным образованиям (МО) Алтайского края, Кемеровской и Новосибирской областей. В этих целях используются характеристики развития МО: демографические, сельскохозяйственные, промышленные и транспортные. Выбранные показатели призваны отразить уровень социально-экономического развития и степень хозяйственной освоенности территории МО речного бассейна. Чтобы по существу оценить долю определенного фактора в совокупной нагрузке, а также проиллюстрировать вклад отдельного региона в общую величину антропогенных воздействий, в каждой группе параметров выделены основные и усугубляющие показатели по методике [16] (табл.1).

Таблица 1. Группы показателей для определения косвенного антропогенного воздействия

Группа показателей	Основной показатель	Усугубляющий показатель
Демографическая	Плотность населения, чел/км ²	Доля городского населения, %
Сельскохозяйственная	Площадь распаханной территории, га	Количество внесенных минеральных удобрений на единицу распаханной территории, кг/га
Промышленная	Выброс загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников, тыс. т	Плотность стационарных источников загрязнения, шт/км ²
Транспортная	Плотность автомобильных дорог, км/км ²	Плотность дорог с твердым покрытием, км/км ²

При расчетах используется нормирование (масштабирование) показателей для приведения их к безразмерному виду. Это позволяет не только сравнить показатели между собой, но и рассчитать их долю в совокупной антропогенной нагрузке по формуле:

$$x_j^i = \frac{x_j^i - x_{min}^i}{x_{max}^i - x_{min}^i}$$

где X_{min} и X_{max} – минимальные и максимальные значения показателя; j и i – индексы показателя муниципального образования [17, 18].

Далее каждый показатель приводится к единице по максимальному значению и представляется в виде индекса значений. Полученные индексы суммируются по каждому району, а их сумма еще раз подвергается масштабированию. В результате определяется индекс совокупной антропогенной нагрузки [16] (табл. 2).

Прямые воздействия на водные объекты определяются методом расчета средних объемов изъятия речного стока и сброса сточных вод за трехлетний период 2013–2015 гг. по данным государственной статистической отчетности № 2-ТП (водхоз). Эта группа показателей отражает антропогенное воздействие, которое оказывается непосредственно на водный объект. Для корректного отображения степени прямых воздействий в каждом муниципальном образовании показатели рассчитываются на душу населения, проживающего в пределах ВХУ.

Таблица 2. Результаты оценки косвенных антропогенных воздействий в бассейне р. Чумыш

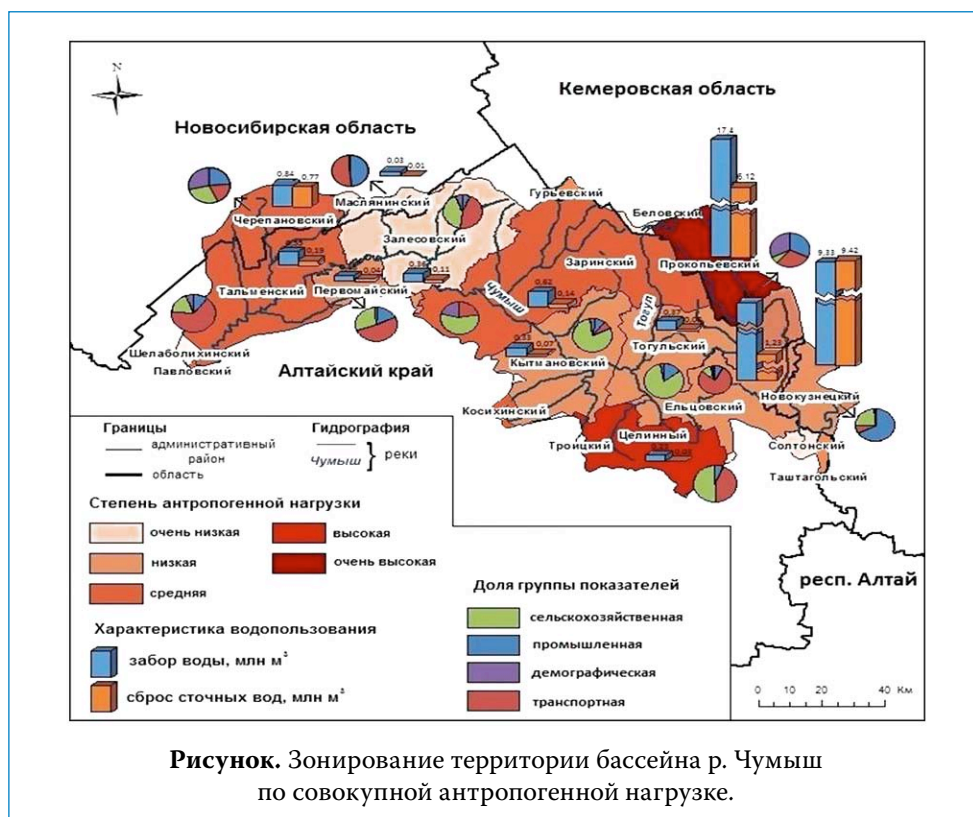
Муниципальное образование (МО)	Индекс демографической нагрузки	Индекс сельскохозяйственной нагрузки	Индекс промышленной нагрузки	Индекс транспортной нагрузки	Индекс совокупной нагрузки	Шкала интенсивности антропогенных воздействий
Солтонский р-он	0,00	0,06	0,01	0,17	0,06	Очень низкая 0,01–0,10
Маслянинский р-он	0,00	0,00	0,15	0,15	0,07	
Шелаболихинский р-он	0,00	0,11	0,00	0,18	0,07	
Залесовский р-он	0,02	0,16	0,02	0,18	0,10	Низкая 0,11–0,30
Таштагольский р-он	0,00	0,00	0,15	0,28	0,11	
Ельцовский р-он	0,01	0,06	0,04	0,39	0,12	
Троицкий р-он	0,00	0,04	0,49	0,00	0,13	
Гурьевский р-он	0,00	0,08	0,42	0,01	0,13	
Новокузнецкий р-он	0,01	0,19	0,55	0,06	0,20	
Тогульский р-он	0,02	0,73	0,12	0,00	0,22	
Беловский р-он	0,00	0,01	0,13	0,78	0,23	Средняя 0,31–0,50
Первомайский р-он	0,02	0,30	0,19	0,54	0,26	
Кытмановский р-он	0,02	0,88	0,11	0,08	0,27	
Заринский р-он	0,26	0,71	0,00	0,28	0,31	
Косихинский р-он	0,00	0,37	0,03	1,00	0,35	
Тальменский р-он	0,07	0,30	0,17	1,00	0,38	Высокая 0,51–0,70
Черепановский р-он	0,45	0,45	0,38	0,31	0,40	
Павловский р-он	0,00	1,00	0,19	0,74	0,48	Очень высокая, более 0,70
Целинный р-он	0,02	1,00	0,11	0,89	0,51	
Прокопьевский р-он	1,00	0,20	1,00	0,91	0,78	

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Основным результатом оценки можно считать картосхему зонирования территории бассейна р. Чумыш по совокупной антропогенной нагрузке (рисунок).

По показателям косвенных воздействий очень высокую нагрузку имеет Прокопьевский район Кемеровской области, который характеризуется в сравнении с другими МО в бассейне высоким уровнем как демографического, так и промышленного и транспортного развития.

Высокая нагрузка отмечается в Целинном районе Алтайского края: здесь значительна доля распаханых территорий. Средняя нагрузка регистриру-



ются в Заринском, Косихинском, Тальменском, Черепановском и Павловском районах. В целом районы выделяются интенсивным развитием сельскохозяйственной отрасли, имеют значительную степень заселенности или транспортной освоенности.

Низкая нагрузка характерна для Таштагольского, Ельцовского, Троицкого, Гурьевского, Новокузнецкого, Тогульского, Беловского, Первомайского и Кытмановского МО. Некоторым из них присвоена низкая интенсивность антропогенных воздействий ввиду того, что оценке подлежали наименее освоенные части районов (в Новокузнецком, Беловском и Первомайском МО). Очень низкая нагрузка наблюдается в Солтонском, Маслянинском, Шелаболихинском и Залесовском районах.

По структуре косвенных воздействий также есть различия в характеристиках муниципальных образований. Так, в Целинном, Ельцовском, Заринском и Кытмановском районах Алтайского края лидирует сельскохозяйственная составляющая развития, в т. ч. лесозаготовительная отрасль. В Первомайском, Тальменском районах Алтайского края и Маслянинском

районе Новосибирской области преимущественную долю имеют транспортные нагрузки. Промышленные виды косвенных воздействий высоки в пределах Новокузнецкого, Прокопьевского районов Кемеровской области и Черепановского, Маслянинского районов Новосибирской области. Нельзя недооценивать и вклад в общую совокупную нагрузку городских территорий, в особенности их демографической и промышленной составляющих.

По показателям прямых воздействий в среднем за период 2013–2015 гг. общий забор воды в бассейне р. Чумыш составил 36,3 млн м³/год. Наибольшие объемы водозабора из водных источников приурочены к территории Прокопьевского района и г. Прокопьевска – центра добывающей промышленности, они составляют 17,4 млн м³. По этому показателю выделяются также Новокузнецкий район с объемом водозабора 9,3 млн м³ и Ельцовский район с общим водозабором 6,1 млн м³. Доля поверхностного водоснабжения среди муниципальных районов максимально достигает 17 % в промышленно развитых Прокопьевском и Новокузнецком МО. Сброс сточных вод в бассейне за 2013–2015 гг. в среднем составил 18,2 млн м³/год с наибольшим значением у Новокузнецкого района – 9,4 млн м³ (52 % от общей суммы).

Наибольший вклад в загрязнение р. Чумыш вносит Кемеровская область путем сброса сосредоточенных промышленных и коммунально-бытовых стоков на уровне 65 %. Здесь же отмечается максимум прямых воздействий, связанных с изъятием водных ресурсов. Около 30 % приходится на единственный промышленный центр в границах речного бассейна на территории Алтайского края – г. Заринск. Остальная доля прямых воздействий приурочена к территории Новосибирской области, она незначительна и не превышает 5 %.

По косвенным (площадным или рассредоточенным, диффузным) воздействиям выделяется Алтайский край – 60 %. Вклад Кемеровской и Новосибирской областей составляет 30 % и 10 % соответственно.

Полученные результаты согласуются с данными системы Росгидромета. В бассейне р. Чумыш расположены два створа гидрохимического контроля речных вод – в г. Заринске и с. Тальменка Алтайского края (табл. 3). По данным Алтайского ЦГМС [19–21], качество речных вод вниз по течению меняется от загрязненного до грязного. При этом класс качества воды определяется величиной рассчитанного удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ), наличием критических показателей загрязненности (КПЗ), частотой и кратностью превышения ПДК отдельными ингредиентами. Анализ полученных данных показывает, что основными веществами, обуславливающими загрязнение речных вод, на протяжении последних лет остаются нефтепродукты, железо общее и фенолы летучие. По остальным показателям (химическое потребление кислорода, азот ам-

монийный, азот нитритный, медь) превышений ПДК не наблюдается. Но в некоторых случаях, например, в 2014 г. средняя концентрация показателя биологического потребления кислорода (БПК₅) в створе с. Тальменка составила 2,5 ПДК при норме 2,1 мг/дм³.

Таблица 3. Оценка качества воды и средние концентрации основных загрязняющих веществ р. Чумыш, в долях ПДК

Створ	Качество воды	Нефтепродукты (ПДК=0,3 мг/дм ³)	Железо общее (ПДК=0,3 мг/дм ³)	Фенолы летучие (ПДК=0,001 мг/дм ³)
2014 г.				
г. Заринск	очень загрязненная	1,8	2,7	1,7
с. Тальменка	очень загрязненная	2,3	3,2	1,3
2015 г.				
г. Заринск	очень загрязненная	8,4	4,2	1,1
с. Тальменка	очень загрязненная	3,5	2	1,4
2016 г.				
г. Заринск	загрязненная	4,7	6,6	0,1
с. Тальменка	грязная	2,9	7,2	0,6

Исходя из результатов пространственного анализа прямых и косвенных воздействий, подтвержденных инструментально полученными гидрохимическими показателями качества воды, следует, что программа природоохранных мероприятий в бассейне р. Чумыш должна учитывать специфику антропогенных нагрузок и ориентироваться на снижение влияния сосредоточенных сбросов в муниципальных образованиях Кемеровской области и рассредоточенных – в аграрно развитых районах Алтайского края.

ВЫВОДЫ

В условиях недостаточности исходной информации предложенная методика оценки совокупной антропогенной нагрузки позволяет установить интенсивность хозяйственных воздействий на водные объекты бассейнов малых и средних рек. Разделение антропогенных воздействий (на прямые и косвенные) наиболее точно отражает их интенсивность и вклад в общий уровень загрязнения основного водного объекта (в данном случае – р. Чумыш).

Кроме этого, данная методика выступает инструментом зонирования территории речного бассейна по интенсивности прямых и косвенных видов воздействий на основной водоток и его водосборную площадь. Так, обосно-

ванно показано, что максимум прямых воздействий в виде изъятия ресурса и сброса сточных вод отмечается в границах муниципальных образований Кемеровской области – г. Прокопьевска, Прокопьевского и Новокузнецкого районов. По косвенным воздействиям лидируют муниципальные образования Алтайского края (Кытмановский, Тогульский, Целинный районы) с высоким уровнем распашки территорий и количеством внесенных минеральных удобрений.

В целом результаты проведенного пространственного анализа представляют возможность дальнейшей корректировки процессов управления водными ресурсами как на уровне отдельных муниципалитетов рассматриваемых субъектов Федерации, так и в бассейне в целом. Например, становится очевидным необходимость сотрудничества на уровне субъектов при разработке программ природо- и водоохранных мероприятий в речном бассейне р. Чумыш, что еще раз подчеркивает актуальность межрегионального аспекта проблем управления водными ресурсами в Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Корытный Л.М., Жерелина И.В.* Международные речные и озерные бассейны Азии: конфликты, пути сотрудничества // География и природные ресурсы. 2010. № 2. С. 11–19.
2. *Винокуров Ю.И., Красноярова Б.А.* Трансграничный бассейн р. Иртыш: проблемы и решения // Регион: Экономика и Социология. 2017. № 3 (95). С. 238–253.
3. *Шикломанов И.А., Бабкин В.И., Балонишникова Ж.А.* Водные ресурсы, их использование и водообеспеченность в России: современные и перспективные оценки // Водные ресурсы. 2011. Т. 38. № 2. С. 131–141.
4. *Георгиевский В.Ю., Коронкевич Н.И., Алексеевский Н.И.* Водные ресурсы и гидрологический режим рек РФ в условиях изменения климата // Докл. VII Всерос. Гидрологического съезда (СПб., 19 – 21 ноября 2013 г.). СПб.: Гидрометеопиздат, 2013. С. 1–5.
5. *Цибудеева Д.Ц., Рыбкина И.Д.* Оценка антропогенной нагрузки на водосборные территории речных бассейнов Республики Бурятия // Мир науки, культуры, образования. 2014. № 2 (45). С. 405–410.
6. Приказ МПР РФ от 25 апреля 2007 г. № 112 «Об утверждении Методики гидрографического районирования территории Российской Федерации». Зарег. в Минюсте РФ 23 мая 2007 г. Регистр. № 9538.
7. *Falkenmark M., Lundqvist J., Widstrand C.* Macro-scale Water Scarcity Requires Micro-scale Approches: Aspects of Vulnerability Semi-arid Development // Natural Resources Forum, 1989. Vol. 13. № 4. P. 258–267.
8. *Shiklomanov I.A.* The dynamics of river water inflow to the Arctic Ocean // The Freshwater Budget of the Arctic Ocean. Dordrecht. The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 2000. P. 281–297.
9. *Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С.* Потребление воды: экологические, экономические, социальные и политические аспекты. М.: Научка, 2006. 221 с.

10. Водные ресурсы России и их использование / под ред. И.А. Шикломанова. СПб.: Изд-во ГГИ, 2008. 600 с.
11. Исаченко А.Г. Экологическая география России. СПб.: Изд. дом СПбГУ, 2001. 328 с.
12. Ясинский С.В. Формирование гидрологического режима водосборов малых равнинных рек: автореф. дис... д-ра геогр. наук: 25.00.27. М.: Институт географии РАН, 2009. 52 с.
13. Клементова Е., Гейниге В. Оценка экологической устойчивости сельскохозяйственных ландшафтов // Мелиорация и водное хозяйство. 1995. № 5. С. 33–34.
14. Скорняков В.А. Учет распределения природных факторов и антропогенных нагрузок при оценке качества воды в реках // Проблемы гидрологии и гидроэкологии. 1999. Вып. 1. С. 238–261.
15. Рыбкина И.Д., Стоянцева Н.В., Курепина Н.Ю. Методика зонирования территории речного бассейна по совокупной антропогенной нагрузке (на примере Обь-Иртышского бассейна) // Водное хозяйство России. 2011. № 4. С. 42–52.
16. Курганович Н.А., Шаликовский А.В. Оценка антропогенной нагрузки на водосборы рек Забайкальского края // Вестник ЗабГУ. 2014. № 10 (113). С. 4–10.
17. Минуллина А.А., Мустакимова И.В., Мавляутдинова Г.С. Расчет различных показателей состояния бассейна малой реки (на примере реки Степной Зай) // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 12. № 1(4). 2010. С. 963–966.
18. Митрошин А.А. Проблемы территориальной неоднородности Московской области // Мат-лы XVIII науч. конф. студентов-аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2011». Режим доступа: https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2011/1381/23216_e959.doc.
19. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Алтайском крае в 2014 году». Барнаул, 2015. 150 с.
20. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Алтайском крае в 2015 году». Барнаул, 2016. 167 с.
21. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Алтайском крае в 2016 году». Барнаул, 2017. 151 с.

Сведения об авторах:

Седова Евгения Юрьевна, аспирант, 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: zhenya_sedova@mail.ru

Рыбкина Ирина Дмитриевна, канд. геогр. наук, доцент, заведующая лабораторией 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: irina.rybkina@mail.ru; irina@iwep.ru