

Проблемы расчета водообеспеченности и водопотребления муниципальных образований Республики Алтай

А. В. Каранин¹, О. В. Журавлева¹, М. Г. Сухова^{1,2} ✉, А. И. Минаев¹

¹Горно-Алтайский государственный университет, Российская Федерация
(649000, г. Горно-Алтайск, ул. Ленкина, 1)

²Институт водных и экологических проблем СО РАН, Российская Федерация
(656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1)

Аннотация. Цель – расчет обеспеченности водными ресурсами сельских поселений Республики Алтай на базе растра аккумуляции стока.

Материалы и методы. Исходными данными послужили результаты измерений среднегодовых расходов воды по 23 водомерным постам. В качестве инструмента построения растра аккумуляции стока использовался модуль *r.watershed* геоинформационной системы GRASS.

Количественные значения растра аккумуляции стока были сопоставлены с данными водомерных постов по показателям среднегодового расхода воды. Результаты продемонстрировали хорошую сходимость этих показателей. Согласованность анализируемых величин позволила построить ряд уравнений регрессии.

Кроме того, выполнена оценка водопотребления основными отраслями экономики Республики Алтай в сравнении с водопотреблением постоянного населения.

Результаты и обсуждение. Минимальная водообеспеченность зафиксирована для села Новый Бельтир (Кош-Агачский район) – 0,00015 куб. м в сек / чел; города Горно-Алтайск (население – 64505 человек) – 0,00017 куб. м в сек/чел. Максимальная водообеспеченность – 4,1 куб. м в сек/чел. отмечена в селе Барангол, (Майминский район), которое расположено на реке Катунь.

Причем, низкая водообеспеченность отмечается в некоторых крупных поселениях, в которых проживает значительная часть жителей региона. В связи с развитием туризма значимый вклад в потребление воды вносят рекреанты наряду с местными жителями. Из сельскохозяйственных производителей крупным потребителем воды является животноводство.

Выводы. Выявлены существенные различия как в водопотреблении, так и в водообеспеченности. Однако можно констатировать, что положение с обеспеченностью поверхностными водами в республике не является угрожающим. Проблемы в этом отношении могут возникнуть только при существенном снижении нормы осадков и длительных устойчивых периодах засухи.

Ключевые слова: водообеспеченность, Республика Алтай, растр аккумуляции стока, водопотребление.

Источник финансирования: Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Республики Алтай в рамках научного проекта № 20-45-040016.

Для цитирования: Каранин А. В., Журавлева О. В., Сухова М. Г., Минаев А. И. Проблемы расчета водообеспеченности и водопотребления муниципальных образований Республики Алтай // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2023, № 2, с. 47-55. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/2/47-55>

ВВЕДЕНИЕ

Водные ресурсы были и остаются одним из важнейших факторов, определяющих стабильность жизнеобеспечения любой территории. Предлагаемое исследование направлено на изучение вопроса обеспеченности водными ресур-

сами поверхностных водотоков муниципальных образований Республики Алтай, которые используются как для сельскохозяйственных нужд и в рекреационных целях, а также выступают как важный элемент водного баланса экосистем.

© Каранин А. В., Журавлева О. В., Сухова М. Г., Минаев А. И., 2023

✉ Сухова Мария Геннадьевна, e-mail: mgs.gasu@yandex.ru



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

Тема водообеспеченности территорий вызывает живой интерес в России и мире, что подтверждается многочисленными публикациями [4, 5, 8, 11, 12, 16, 18]. Особенную актуальность данный вопрос приобретает в свете грядущего изменения климата. В мире давно изучается проблема водообеспеченности в условиях трансформации климатических условий [13, 17]. Существуют подобные исследования и для территории России [2, 7, 9]. На настоящий момент существует несколько сценариев такого изменения, наиболее общими из которых являются RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 и RCP 8.5 [20], каждый из них предполагает повышение температуры и снижение количества осадков для территории Республики Алтай. Несмотря на большой интерес к этой теме, остается очень много нерешенных вопросов. Один из них – это проведение мелкомасштабных оценок актуальной водообеспеченности конкретных населенных пунктов. В своей работе мы предлагаем интересный подход в решении этого вопроса.

На территории Республики Алтай находится 91 сельское поселение и один городской округ. Суммарно количество населенных пунктов составляет 246, но около десятка из них практически необитаемы (села Дайбово, Сухой Карасук, Усть Лебедь, Актал, Ишинск, Верхний Сайдыс). Наличие горных хребтов, выступающих естественными барьерами, разница высотных уровней предопределяют различие природных условий и своеобразие сложившихся форм природопользования для северных, центральных и южных районов Республики Алтай. Низкий уровень развития производственной сферы, обусловленный энергетическим «голодом» и общей отсталостью экономики, выступает тормозом формирования перерабатывающих отраслей. Основными сферами деятельности на территории республики являются сельское хозяйство и туризм. Оба этих вида деятельности в значительной мере зависят от водных ресурсов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Разреженная сеть водомерных постов, неспособна дать достаточной информации об обеспеченности водными ресурсами по большинству муниципальных образований Республики Алтай. Учет ведется преимущественно на крупных реках или неподалеку от населенных пунктов, обладающих хорошей транспортной доступностью. В то же время зарегистрированные расходы воды могут быть экстраполированы на всю исследуемую территорию при условии учета стокоформирующих факторов.

Исходными данными послужили результаты измерений среднегодовых расходов воды по 23 водо-

мерным постам, расположенным на реках: Катунь, Бия, Чулышман, Лебедь, Урсул, Кокса, Чарыш, Башкаус, Песчаная, Сема, Байгол, Кучерла, Кокши, Бол. Чили, Бол. Терехта, Абай, Чири, Чеченек, Клык, Актру и Аккем.

Данные по административно-территориальному делению республики включали векторные слои границ областей и муниципальных образований. Контуры населенных пунктов оцифровывались по спутниковым снимкам высокого разрешения с сервисов «google» и «яндекс».

Водообеспеченность муниципальных образований поверхностными водами вычислялась на базе раstra аккумуляции стока, который был построен с помощью цифровой модели рельефа (ЦМР) SRTMGL3 [19]. Указанная модель является результатом совместного сотрудничества Национального управления США по авиации и исследованию космического пространства (NASA), Национального агентства геопространственной разведки США (NGA), а также немецких и итальянских космических агентств. К достоинствам модели можно отнести ее достаточно высокое пространственное разрешение (был использован вариант разрешением 3 угловые секунды), глобальный масштаб (охватывает всю планету от 60 градусов с. ш. до 56° ю. ш.) и всеобщую доступность (модель выложена в сети интернет в свободный доступ).

В качестве инструмента построения раstra аккумуляции стока использовался модуль *r.watershed* геоинформационной системы GRASS (<https://grass.osgeo.org/>). Данный модуль основывается на A^T -алгоритме поиска пути по критерию наименьшей стоимости [14], который минимизирует влияние ошибок данных ЦМР, по сравнению с некоторыми другими методами [15].

Растр аккумуляции стока состоит из ячеек, в каждой из которых содержатся количественные значения проходящего через них стока. Вес параметра определяется как число вышележащих ячеек, из которых в расчетную ячейку происходит сток, плюс единица.

Количественные значения раstra аккумуляции стока были сопоставлены с данными водомерных постов по показателям среднегодового расхода воды. Результаты продемонстрировали хорошую сходимость этих показателей, коэффициент корреляции между рядами данных составил 0,981. Согласованность анализируемых величин позволила построить ряд уравнений регрессии, где зависимой переменной выступали величины расхода воды по водомерным постам,

а независимой переменной – данные раstra аккумуляции стока. Более точные результаты показала степенная функция, которая была применена к растру аккумуляции стока с целью экстраполяции данных водомерных постов. На выходе оказался получен оценочный растр среднегодового расхода воды на всю территорию Республики Алтай. Водообеспеченность населенных пунктов принималась как максимальное значение оценочного расхода воды поверхностного водотока в радиусе 500 метров от населенного пункта.

Как уже было отмечено, ведущей отраслью экономики республики является сельское хозяйство, в структуре валового регионального продукта его доля составляет свыше 17 % [10]. Немаловажную роль играет также рекреация и туризм, количество туристов, ежегодно посещающих регион, превышает 2 млн. человек. В сравнении с численностью населения Республики Алтай (222,5 тыс. человек) это кратно большая цифра.

Нами была выполнена оценка водопотребления этими отраслями экономики, в сравнении с водопотреблением постоянного населения. Поскольку минимальный локализационной единицей этих данных выступали сельские поселения, то оценка проводилась в рамках их границ.

Расчет водопотребления по сельским поселениям для домашних животных производился на основе нормативов потребления воды животными. Статистическая информация о составе и породах скота была получена из паспортов сельских поселений, в которых фиксируются первичные статистические данные о населении, хозяйстве и социальной сфере.

Водопотребление постоянного населения вычислялось по данным «Доклада о состоянии и об охране окружающей среды в Республике Алтай в 2020 г.» [4]. Ввиду отсутствия показателей водопотребления на душу населения по сельским поселениям расчет осуществлялся через средний показатель водопотребления на одного человека по районам. Данные о численности населения получены из бюллетеней Федеральной службы государственной статистики [21, 22], где дается текущая информация о численности населения сельских и городских поселений.

Водопотребление для отдыхающих рассчитывалось по емкости рекреационных учреждений с условием их 100 % заполненности, что характерно для июля и августа. Емкость рекреационных учреждений определялась авторами на основе опросов руководителей туристического бизне-

са, открытых данных из сети Интернет, а также экспертной оценки. Для расчета использовались те же усредненные данные водопотребления на душу населения, что и для местных жителей.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Практически все поселения республики расположены на берегах рек, однако размеры этих рек, как и самих поселений значительно варьируют. Из-за генерализованного характера ряда исследуемых показателей выполнить комплексный анализ различий по отдельным населенным пунктам оказалось невозможным. Однако проведена дифференциация поселений по удельной водообеспеченности поверхностными водами для постоянного населения. Для демонстрации имеющихся различий нами была создана карта (рис. 1).

Минимальная водообеспеченность составляет 0,00015 кубометра в секунду на человека (село Новый Бельтир, Кош-Агачский район), а максимальная – 284,5 куб. м в сек/чел. (село Дайбово, Турочакский район). К последней цифре следует относиться с известной долей скептицизма, поскольку к 2016 году (последний момент учета для указанного села) в Дайбово проживал всего один человек. Среди относительно больших населенных пунктов (свыше 100 жителей), лидером по водообеспеченности является село Барангол, расположенное в Майминском районе на реке Катунь (4,1 куб. м в сек/чел.). В ряду сел с населением свыше 1000 человек можно отметить – Соузгу (Майминский район), Манжерок (Майминский район), Элекмонар (Чемальский район), Иогач (Турочакский район) и Чемал (Чемальский район); все эти села имеют обеспеченность поверхностными водами, превышающую 0,1 куб. м в сек/чел.

Наименьшая обеспеченность водными ресурсами, помимо Нового Бельтира, среди крупных населенных пунктов (свыше 1000 жителей) фиксируется для Сёйки (Чойский район), Алферово (Майминский район), Шебалино (Шебалинский район), Акташа (Улаганский район), Кызыл-Озёка (Майминский район), Яконура (Усть-Канский район), Ябогана (Усть-Канский район) и Балыктуюля (Улаганский район); здесь она составляет менее 0,002 куб. м в сек/чел. Отдельной строкой можно выделить город Горно-Алтайск с населением 64505 человек. Город стоит на двух малых реках – Улалушка и Майма. Город обладает очень низкой водообеспеченностью (по меркам Республики Алтай) и занимает по этому показателю предпоследнее место (0,00017 куб. м в сек/чел.).

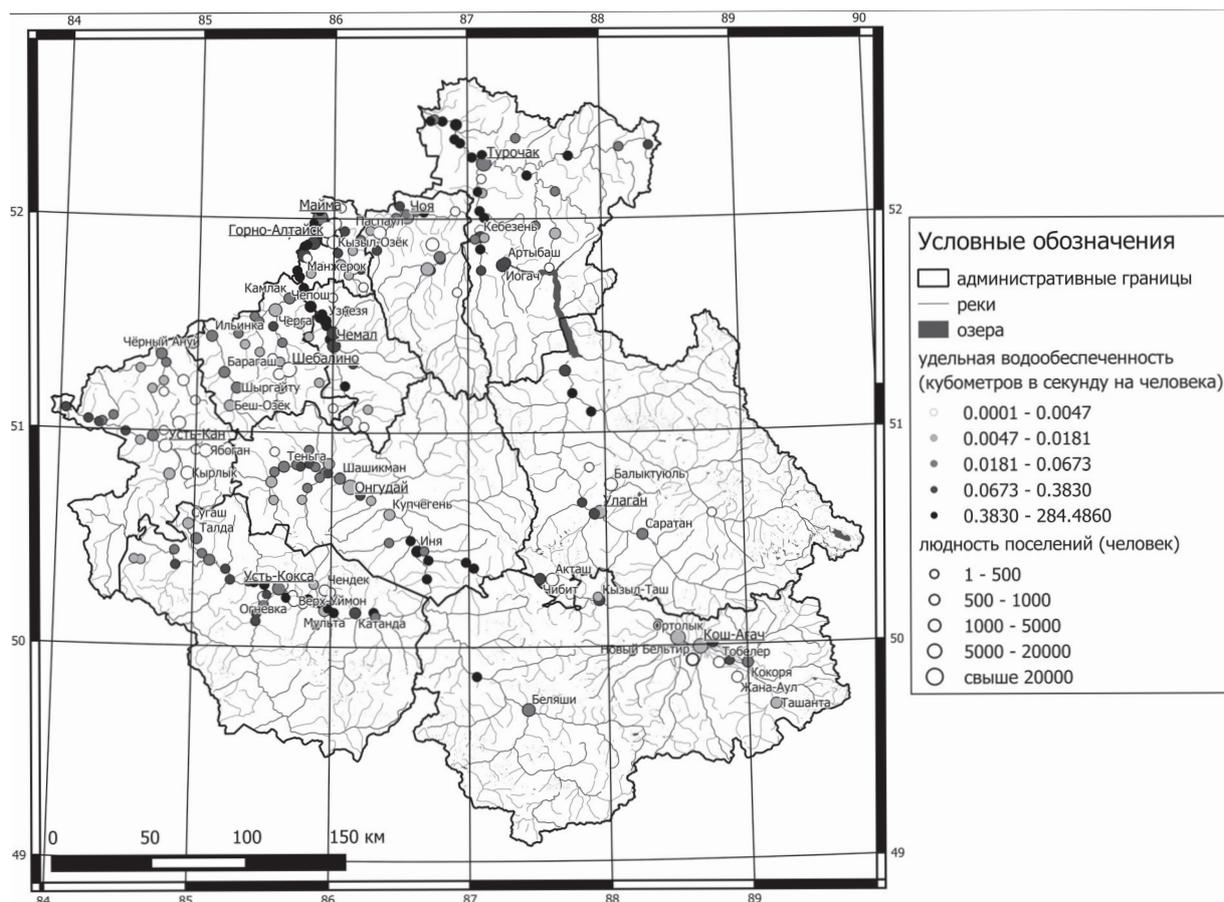


Рис. 1. Удельная водообеспеченность населенных пунктов Республики Алтай в расчете на одного жителя [Fig. 1. Specific water supply of settlements in the Altai Republic per capita]

В целом населенных пунктов с низкой водообеспеченностью меньшинство. Однако, к ним относятся некоторые крупные поселения, в которых проживает значительная часть жителей региона.

Крупным потребителем воды в сельскохозяйственной сфере является животноводство. В большинстве районов потребление воды скотомкратно выше, чем местным населением. Исключением являются северные районы (Майминский, Чемальский, Чойский и Турочакский) и городской округ Горно-Алтайск. По всем остальным районам доля водопотребления домашних животных по отношению к суммарному потреблению воды превышает 69 %, достигая наивысших величин (91 %) в Усть-Канском районе, на долю которого приходится 27,7 % поголовья крупного рогатого скота республики, 25,1 % овец и коз, 28,2 % лошадей, 18,7 % маралов и 20,9 % свиней (рассчитано по [1]).

Существенным оказывается и потребление воды отдыхающими. Поток рекреантов направляется преимущественно в три района – Чемальский, Майминский и Турочакский, лидирующими с большим отрывом от остальных. В 2019 году (до

начала пандемии и соответствующих ограничений) году эти районы приняли большую часть отдыхающих [6]. Неудивительно, что именно здесь отмечается самая высокая рекреационная нагрузка по показателю водопотребления, достигающая в Чемальском районе 38,8 % (рис. 2).

Наивысшая доля водопотребления туристами по отношению к суммарному водопотреблению отмечается в сельских поселениях: Узнезинском (Чемальский район; 70,5 %), Усть-Мунином (Майминский район; 65 %), Артыбашском (Турочакский район; 54 %), Чепошском (Чемальский район; 49 %), Союзгинском (Майминский район; 47,8 %) и Манжерокском (Майминский район; 47 %).

Следует подчеркнуть, что расчет водопотребления рекреантами велся по количеству мест на турбазах, домах отдыха. Значительное число отдыхающих предпочитают организовывать свой досуг самостоятельно, что осложняет меры их учета. Поэтому действительное водопотребление туристами будет отличаться от расчетных значений в большую сторону.

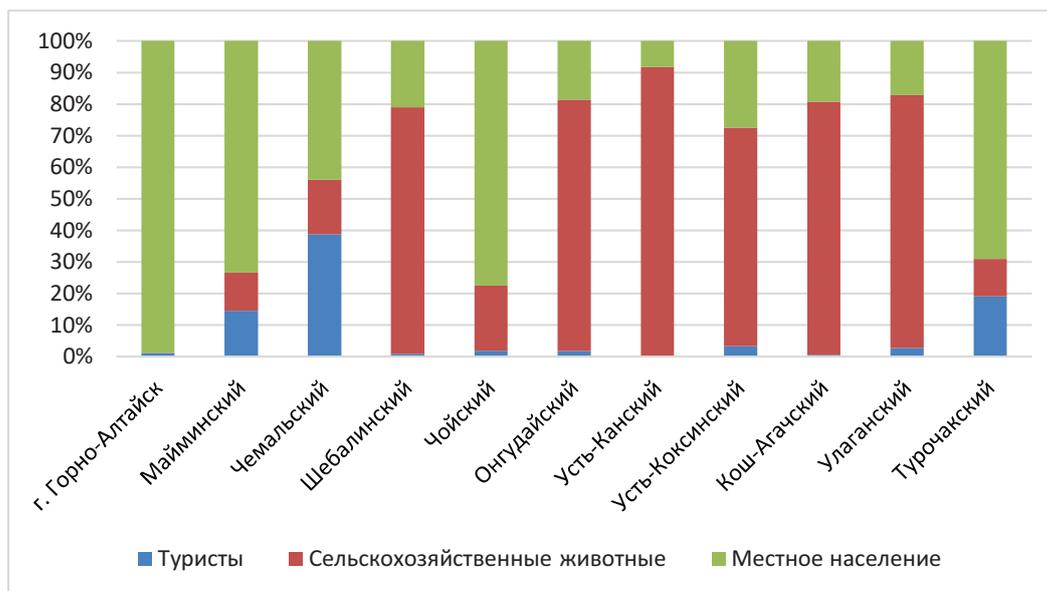


Рис. 2. Основные потребители воды по административным районам Республики Алтай
 [Fig. 2. The main consumers of water by administrative districts of the Altai Republic]

Для наглядного представления различий суммарного водопотребления по сельским поселениям республики была создана карта (рис. 3).

За исключением Яконурского и Ябоганского сельских поселений, на территории Усть-Канского района, все остальные крупнейшие потребители воды относятся к районным административным центрам, это: Майминское, Чемальское, Онгудайское, Усть-Канское, Усть-Коксинское и Кош-Агачское сельское поселение, а также городской округ Горно-Алтайск. В каждом из этих населенных пунктов водопотребление превышает 1000 кубометров в сутки. Однако, несмотря на высокие, по меркам республики, показатели, угрозы нехватки воды нет. Даже в Горно-Алтайске и Новом Бельтире – наименее обеспеченных водой поселениях, уровень водообеспеченности поверхностными водами превышает 10 кубометров в сутки на человека, что на порядок выше нормативного суточного водопотребления и близко к месячной норме.

Следует обратить внимание и на тот факт, что для сел республики, действительное водопотребление будет ниже полученных нами расчетных значений. Обуславливается это тем, что основным потребителем воды выступают сельскохозяйственные животные, которые, как правило, не находятся внутри населенного пункта, а распределены по окружающей территории (выпасаются на пастбищах).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По территории Республики Алтай имеются существенные различия как в водопотреблении, так и в водообеспеченности. Наибольшее водопо-

требление характерно для города Горно-Алтайска и наиболее густонаселенных сельских поселений, а также поселений, обладающих развитой животноводческой базой. К последним, преимущественно, относятся села Усть-Канского района, однако и по другим районам картина выстраивается схожая. Вторым важным фактором, влияющим на потребление воды в пределах сельских поселений, является рекреационная деятельность (прежде всего, в северных районах – Чемальском, Майминском и Турочакском).

В целом территорию республики можно разделить на три зоны: 1) Шебалинский, Усть-Канский, Онгудайский, Усть-Коксинский, Кош-Агачский и Улаганский районы (основной потребитель воды в этих районах – сельскохозяйственные животные); 2) Чемальский, Майминский и Турочакский районы (основной потребитель воды – местное население, при этом велика доля приезжих отдыхающих); 3) город Горно-Алтайск и Чойский район (основной потребитель воды – местное население).

Наилучшей водообеспеченностью отличаются сёла, стоящие на крупных реках – Катунь и Бия. Большею частью это сёла Усть-Коксинского, Онгудайского, Чемальского, Майминского и Турочакского районов. Для населенных пунктов, находящихся на малых водотоках, показатель водообеспеченности значительно варьирует, но даже для наименее обеспеченных водой поселений этот показатель достаточно высок. С учетом того, что значительная часть поселений Республики Алтай обеспечивается водой не только за счет поверхност-

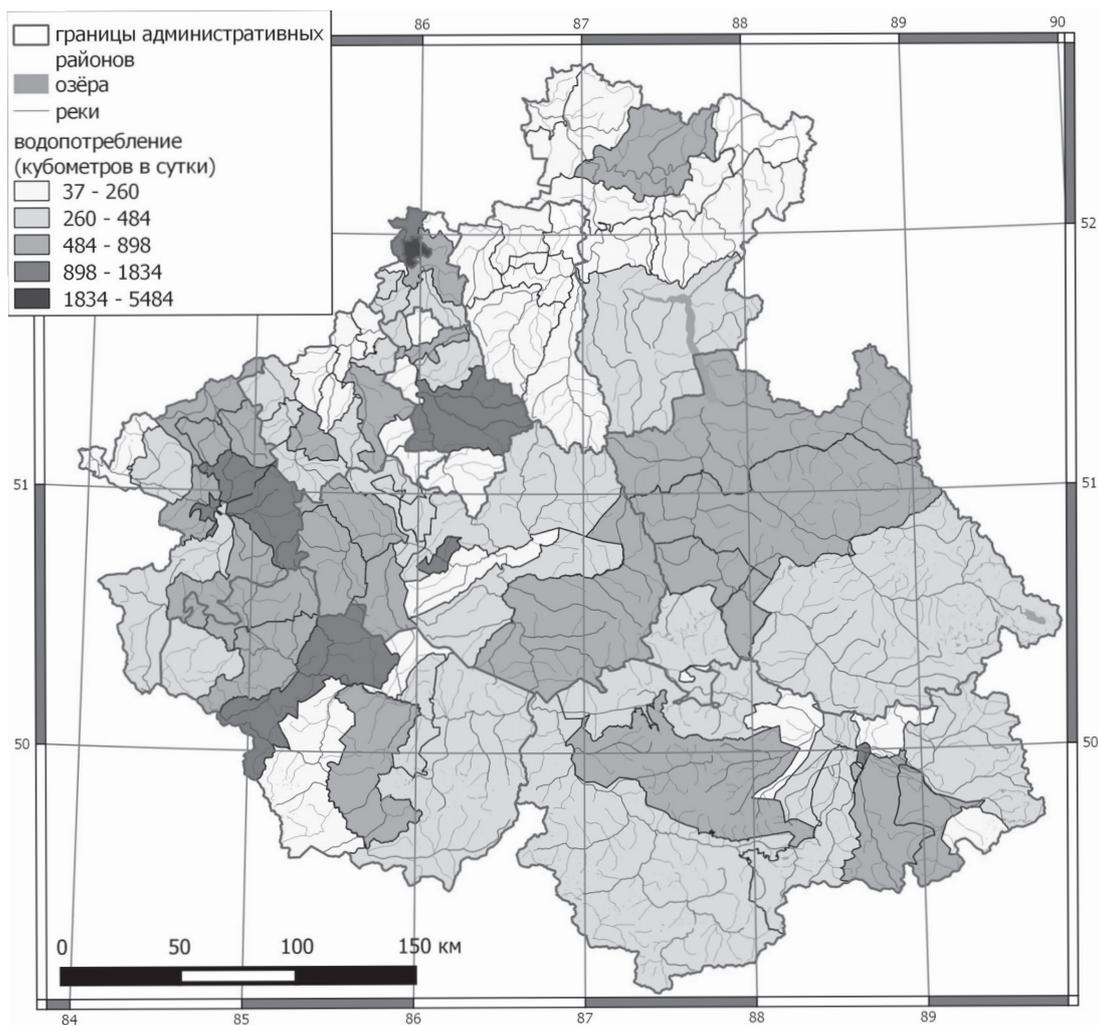


Рис. 3. Водопотребление по сельским поселениям Республики Алтай
[Fig. 3. Water consumption by rural settlements of the Republic of Altai]

ных, но и за счет подземных вод, угроза нехватки воды несущественна и может проявиться только во время продолжительного засушливого периода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. База данных муниципальных образований. – URL: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/> (дата обращения: 20.05.2022). – Текст электронный.
2. Водообеспеченность территории России и стран СНГ / И.В. Сагункин, Г.В. Соболин, Л.Н. Хилько, А.А. Прядкин // *Известия ОГАУ*, 2006, № 10-1, с. 119-123.
3. Георгиевский В.Ю., Коронкевич Н.И., Алексеевский Н.И. Водные ресурсы и гидрологический режим рек РФ в условиях изменения климата // *Тезисы пленарных докладов VII Всероссийского гидрологического съезда*, 2013, с. 26-32.
4. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды в Республике Алтай в 2020 г. Горно-Алтайск: Министерство природных ресурсов, экологии и туризма Республики Алтай, 2021. 120 с.
5. Журавин С.А., Марков М.Л. Природные риски и стратегия исследований водообеспеченности территорий // *Гидросфера. Опасные процессы и явления*, 2019, № 1, с. 71-79.
6. Информация о развитии туристической отрасли Республики Алтай в 2019 г. – URL: https://www.mpr-ra.ru/docs/turizm/info_turizm (дата обращения: 20.05.2022). – Текст электронный.
7. Кизяев Б.М., Исаева С.Д. Водообеспеченность Российской Федерации в условиях глобального потепления климата // *Вестник российской академии наук*, 2016, т. 86, № 10, с. 909-914.
8. Козелкова Е.Н. Водообеспеченность территории ХМАО – Югры на современном этапе // *Вестник ЮГУ*, 2012, № 3 (26), с. 21-26.
9. Попович В.Ф. Учет влияния возможных тенденций изменения климата на водообеспеченность территории // *Научная дискуссия: гуманитарные, естественные науки и технический прогресс*, 2015, с. 51-54.
10. Официальный сайт Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации. – URL: <http://council.gov.ru/structure/regions/AL/> (дата обращения: 18.03.2022). – Текст электронный.

11. Усынина А. Э., Дербасова Е. М. Проблема водообеспеченности маловодных районов Астраханской области // *МНИИЖ*, 2017, № 5-3 (59), с. 120-124.
12. *Australian water availability project* / M. R. Raupach et al. Canberra: CSIRO Marine and Atmospheric Research, 2012.
13. Barnett T. P., Adam J. C., Lettenmaier D. P. Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions // *Nature*, 2005, vol. 438, no. 7066, pp. 303-309.
14. Ehlschlaeger C. R. Using the AT search algorithm to develop hydrologic models from digital elevation data // *Proceedings of the international geographic information system (IGIS) symposium, Baltimore, MD*, 1989, pp. 275-281.
15. GIS-based stream network analysis for the Upper Río Chagres Basin, Panama / D. Kinner et al. // *The Río Chagres, Panama, Springer, Dordrecht*, 2005, с. 83-95.
16. Ground-water availability in the United States / T. E. Reilly et al. // *Geological Survey (US)*, 2008, no. 1323.
17. Milly P. C. D., Dunne K. A., Vecchia A. V. Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate // *Nature*, 2005, vol. 438, no. 7066, pp. 347-350.
18. Modeling blue and green water availability in Africa / J. Schuol et al. // *Water Resources Research*, 2008, vol. 44, no. 7.
19. NASA J.P.L. *NASA Shuttle Radar Tomography Mission (SRTM) Global 1 Arc Second*, 2013.
20. The next generation of scenarios for climate change research and assessment / R. H. Moss et al. // *Nature*, 2010, vol. 463, no. 7282, pp. 747-756.
21. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2021 года. – URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282?print=1> (дата обращения: 18.03.2022). – Текст электронный.
22. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2018 года. – URL: https://gks.ru/storage/mediabank/mun_obr2018.rar (дата обращения: 20.05.2022). – Текст электронный.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 15.12.2022

Принята к публикации 05.06.2022

LAND HYDROLOGY, WATER RESOURCES, HYDROCHEMISTRY

UDC 502.33

ISSN 1609-0683

DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/2/47-55>

Problems of Calculating Water Availability and Water Consumption in the Municipalities of the Republic of Altai

A. V. Karanin¹, O. V. Zhuravleva¹, M. G. Sukhova^{1,2}✉, A. I. Minaev

¹*Gorno-Altai State University, Russian Federation
(1, Lenkin Str., Gorno-Altai, 649000)*

²*Institute of Water and Environmental Problems of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Science, Russian Federation
(1, 656038, Molodezhnaya Str., Barnaul)*

Abstract. The purpose is to calculate the water availability of rural settlements in the Altai Republic on the basis of a runoff accumulation raster.

Materials and methods. The initial data were the results of measurements of average annual water discharge at 23 gauging stations. The r.watershed module of the GRASS geoinformation system was used as a tool for constructing a flow accumulation raster. Quantitative values of flow accumulation raster were compared with data of water gauging stations on average annual water discharge indicators. The results showed good convergence of these indicators. The consistency of the analyzed values made it possible to construct a series of regression

© Karanin A. V., Zhuravleva O. V., Sukhova M. G., Minaev A. I., 2023

✉ Maria G. Sukhova, e-mail: mgs.gasu@yandex.ru



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

equations. In addition, the water consumption of the main sectors of the Altai Republic economy has been assessed in comparison with the water consumption of the resident population.

Results and discussion. Minimum water availability is fixed for Novy Beltyr village (Kosh-Agachsky region) – 0.00015 cubic meters per sec/person; for Gorno-Altaysk city (population – 64505 people) – 0.00017 cubic meters per sec/person. The maximum water availability – 4.1 cubic meters per second/person is noted in Barangol village (Maiminsky district), which is located on the Katun river. Moreover, low water availability is observed in some large settlements, where a large proportion of the region's inhabitants live. Due to tourism development, a significant contribution to water consumption is made by recreationists along with local inhabitants. Among agricultural producers, cattle breeding is a large water consumer.

Conclusions. Significant differences in both water consumption and water availability have been revealed. However, it can be stated that the situation with surface water availability in the republic is not threatening. Problems in this respect can arise only in case of significant decrease in the norm of precipitation and prolonged stable periods of drought.

Key words: water availability, Republic of Altai, runoff accumulation raster, water consumption.

Funding: The research was carried out with financial support from the Russian Foundation for Basic Research and the Republic of Altai as part of research project no. 20-45-040016.

For citation: Karanin A. V., Zhuravleva O. V., Sukhova M. G., Minaev A. I. Problems of Calculating Water Availability and Water Consumption in the Municipalities of the Republic of Altai. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologia*, 2023, no. 2, pp. 47-55. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/2/47-55>

REFERENCES

1. *Database of municipalities*. – URL: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/> (accessed 20.05.2022). – Text electronic. (In Russ.)
2. Vodoobespechennost' territorii Rossii i stran SNG [Water availability in Russia and CIS countries] / I. V. Satunkin, G. V. Sobolin, L. N. Khil'ko, A. A. Pryadkin. *Izvestiya OGAU*, 2006, no. 10-1, pp. 119-123. (In Russ.)
3. Georgievskiy V. Yu., Koronkevich N. I., Alekseevskiy N. I. Vodnye resursy i gidrologicheskiy rezhim rek RF v usloviyakh izmeneniya klimata [Water resources and hydrological regime of the rivers of the Russian Federation in the conditions of climate change]. *Tezisy plenarnykh dokladov VII Vserossiyskogo gidrologicheskogo s"ezda*, 2013, pp. 26-32. (In Russ.)
4. *Doklad o sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy v Respublike Altay v 2020 g.* [Report on the state and environmental protection in the Altai Republic in 2020]. Gorno-Altaysk: Ministerstvo prirodnykh resursov, ekologiy i turizma Respubliki Altay, 2021. 120 p. (In Russ.)
5. Zhuravin S. A., Markov M. L. Prirodnye riski i strategiya issledovaniy vodoobespechennosti territoriy [Natural risks and the strategy of research on water availability of territories]. *Gidrosfera. Opasnye protsessy i yavleniya*, 2019, no. 1, pp. 71-79. (In Russ.)
6. *Information on the development of the tourism industry of the Altai Republic in 2019*. – URL: https://www.mpr-ra.ru/docs/turizm/info_turizm (accessed 20.05.2022). – Text electronic. (In Russ.)
7. Kizyaev B. M., Isaeva S. D. Vodoobespechennost' Rossiyskoy Federatsii v usloviyakh global'nogo potepelniya klimata [Water availability of the Russian Federation in the context of global climate warming]. *Vestnik rossiyaskoy akademii nauk*, 2016, vol. 86, no. 10, pp. 909-914. (In Russ.)
8. Kozelkova E. N. Vodoobespechennost' territorii KhMAO – Yugry na sovremennom etape [Water availability of the territory of KhMAO – Yugra at the present stage]. *Vestnik YuGU*, 2012, no. 3 (26), pp. 21-26. (In Russ.)
9. Popovich V. F. Uchet vliyaniya vozmozhnykh tendentsiy izmeneniya klimata na vodoobespechennost' territorii [Consideration of the impact of possible climate change trends on the water availability of the territory]. *Nauchnaya diskussiya: gumanitarnye, estestvennye nauki i tekhnicheskiiy progress*, 2015, pp. 51-54. (In Russ.)
10. *Official website of the Federation Council of the Federal Assembly of the Russian Federation*. – URL: <http://council.gov.ru/structure/regions/AL/> (accessed 18.03.2022). – Text electronic. (In Russ.)
11. Usynina A. E., Derbasova E. M. Problema vodoobespechennosti malovodnykh rayonov Astrakhanskoj oblasti [The problem of water availability in low-water areas of the Astrakhan region]. *MNIZh*, 2017, no. 5-3 (59), pp. 120-124. (In Russ.)
12. *Australian water availability project* / M. R. Raupach et al. Canberra: CSIRO Marine and Atmospheric Research, 2012.
13. Barnett T. P., Adam J. C., Lettenmaier D. P. Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions. *Nature*, 2005, vol. 438, no. 7066, pp. 303-309.
14. Ehlschlaeger C. R. Using the AT search algorithm to develop hydrologic models from digital elevation data. *Proceedings of the international geographic information system (IGIS) symposium, Baltimore, MD*, 1989, pp. 275-281.
15. GIS-based stream network analysis for the Upper Río Chagres Basin, Panama / D. Kinner et al. *The Río Chagres, Panama*, Springer, Dordrecht, 2005, pp. 83-95.
16. Ground-water availability in the United States / T. E. Reilly et al. *Geological Survey (US)*, 2008, no. 1323.

17. Milly P.C.D., Dunne K.A., Vecchia A.V. Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate. *Nature*, 2005, vol. 438. no. 7066, pp. 347-350.

18. Modeling blue and green water availability in Africa / J. Schuol et al. *Water Resources Research*, 2008, vol. 44, no. 7.

19. NASA J.P.L. *NASA Shuttle Radar Tomography Mission (SRTM) Global 1 Arc Second*, 2013.

20. The next generation of scenarios for climate change research and assessment / R. H. Moss et al. *Nature*, 2010, vol. 463, no. 7282, pp. 747-756.

21. Population of the Russian Federation by municipalities as of January 1, 2021. – URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282?print=1> (accessed 18.03.2022). – Text electronic. (In Russ.)

22. Population of the Russian Federation by municipalities as of January 1, 2018. – URL: https://gks.ru/storage/mediabank/mun_obr2018.rar (accessed 20.05.2022). – Text electronic. (In Russ.)

Conflict of interests: The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 15.12.2022

Accepted: 05.06.2022

Каранин Андрей Владимирович
кандидат географических наук, доцент кафедры географии и природопользования Горно-Алтайского государственного университета, г. Горно-Алтайск, Российская Федерация, ORCID: 000-0003-3261-523X, a-mail: vedmedk@bk.ru

Журавлева Ольга Валерьевна
кандидат географических наук, доцент кафедры географии и природопользования Горно-Алтайского государственного университета, г. Горно-Алтайск, Российская Федерация, ORCID: 0000-0003-1327-0483, e-mail: juravolg@mail.ru

Сухова Мария Геннадьевна
доктор географических наук, доцент, проректор по НИИД Горно-Алтайского государственного университета; старший научный сотрудник ИВЭП СО РАН, г. Горно-Алтайск, Российская Федерация, ORCID: 000-001-8648-2482, e-mail: mgs.gasu@yandex.ru

Минаев Александр Иванович
научный сотрудник Горно-Алтайского государственного университета, г. Горно-Алтайск, Российская Федерация, ORCID: 000-0002-4123-9320, e-mail: minaev-alex@yandex.ru

Andrey V. Karanin
Cand. Sci. (Geogr.), Assoc. Prof. at the Department of Geography and Nature Management of the Gorno-Altai State University, Gorno-Altai, Russian Federation, ORCID: 000-0003-3261-523X, e-mail: vedmedk@bk.ru

Olga V. Zhuravleva
Cand. Sci. (Geogr.), Assoc. Prof. at the Department of Geography and Nature Management of the Gorno-Altai State University, Gorno-Altai, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-1327-0483, e-mail: juravolg@mail.ru

Maria G. Sukhova
Dr. Sci. (Geogr.), Assoc. Prof., Vice-Rector for Research and Development of the Gorno-Altai State University; Senior Researcher at IVEP SB RAS, Gorno-Altai, Russian Federation, ORCID: 000-001-8648-2482, e-mail: mgs.gasu@yandex.ru

Alexander I. Minaev
Researcher at the Gorno-Altai State University, Gorno-Altai, Russian Federation, ORCID: 000-0002-4123-9320, e-mail: minaev-alex@yandex.ru