

ОЦЕНКА ВОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Елизарьев А. Н., Фащевская Т. Б., Афанасьев И. А., Кияшко И. Ю.

ФГБОУ ВПО Уфимский государственный авиационный технический университет, г.Уфа, Российская Федерация (450000, г. Уфа, ул. К.Маркса, 12), E-mail: ivan-afanasiev91@yandex.ru

Рассмотрены индикаторы устойчивого развития в области рационального водопользования, разработанные международными организациями (ООН, Всемирный Банк и др.). Проведен анализ отечественных и зарубежных методических подходов к расчету экологического стока рек как критерия нормирования безвозвратного изъятия водных ресурсов. Построена карта пространственного распределения величин экологического стока по территории Республики Башкортостан с использованием ГИС-технологий. В качестве комплексного показателя возможностей безвозвратного изъятия водных ресурсов предложено понятие водный потенциал территории, а также методика его расчета. Проведена оценка водного потенциала территории Республики Башкортостан с помощью ГИС-технологий. Выявлено, что наиболее обеспеченной водными ресурсами является центральная часть Республики Башкортостан, изобилующая промышленными центрами, которые расположены по берегам р. Белая. Показано, что использование математического аппарата Spatial Analyst дает неадекватную оценку при слабом уровне развития системы гидрологических постов.

Ключевые слова: экологический сток, геоинформационные системы, нормирование водопользования, природно-ресурсный потенциал, водный потенциал, рациональное водопользование.

ESTIMATION OF BASHKORTOSTAN REPUBLIC WATER POTENTIAL VIA GIS-TECHNOLOGIES

Elizaryev A. N., Fashchevskaya T. B., Afanasiev I. A., Kiyashko I. Yu.

Ufa state aviation technical university, Ufa, Russian Federation (12, K Marx St., Ufa, 450000), E-mail: ivan-afanasiev91@yandex.ru

The indicators of sustainable development in the field of rational water use, developed by international organizations (UNO, the World Bank) were analyzed. The analysis of domestic and worldwide methodical approaches to calculation of rivers' environmental flow as the criteria of rationing the irrevocable water resources intake was carried out. The map of environmental flow amount distribution over Bashkortostan Republic territory, via GIS-technologies was created. As a complex indicator of irrevocable water resources intake the territory water potential concept and the method of its calculation were offered. Water potential of Bashkortostan Republic territory was estimated via GIS-technologies. It was identified, that central part of Bashkortostan Republic, with a lot of industrial centers, located by the shore of Belaya River, is the most provided with water resources. It was shown, that the use of Spatial Analyst mathematical tool gives an inappropriate results in case of low developed system of hydrological monitoring.

Key words: environmental flow, geographic information system, regulation of water use, natural-resources potential, water potential, rational water use.

Введение

Проблемы рационального использования водных ресурсов являются особенно актуальными на сегодняшний день. Согласно докладу ООН за 2012 г. [7], несмотря на поставленные в «Повестке дня на XXI век» Цели развития тысячелетия, проблемы чистой питьевой воды, надежности водоснабжения и экологической безопасности остаются не решенными. Более того, почти половина населения развивающихся стран – 2,5 млрд человек – до сих пор не имеет доступа к современным санитарно-техническим условиям.

В этой связи особое значение приобретает эффективная система мониторинга водных ресурсов, которая позволяет обеспечить рациональное водопользование в речном бассейне. Ключевым звеном в системе мониторинга является выбор оптимального (минимального и достаточного) набора контролируемых показателей, а также агрегирование значительных объемов экологической информации. Если перечень контролируемых показателей нормативно утвержден системой стандартов, правил и норм как в Российской Федерации, так и за рубежом, то агрегирование экологической информации осуществляется, как правило, в масштабах государств. Так, например, ведущими международными организациями предложены экологические индикаторы устойчивого развития в области рационального водопользования [3].

Комиссия ООН по устойчивому развитию предлагает 132 индикатора устойчивого развития, два из них относятся к группе экологических индикаторов: защита запасов и качества пресной воды; защита океанов, морей и береговых зон.

Всемирным банком предложена система индикаторов устойчивого развития для России, содержащая группу индикаторов, касающихся пресной воды: количество пресной воды; качество пресной воды.

Программой ООН по окружающей среде (UNEP) и Международным центром тропического сельского хозяйства (CIAT) выделены два индекса, касающиеся проблем водных ресурсов: вода – индекс уязвимости водных ресурсов; морские и прибрежные ресурсы – индекс риска для прибрежных территорий.

Большинство из предложенных индикаторов показало, что их список излишне длинный и усложняет работу по оценке и анализу достижения целей рационального водопользования на национальном уровне, и особенно на региональном и муниципальном уровнях. В первую очередь, это касается индикаторов рационального водопользования при безвозвратном изъятии водных ресурсов [3].

В этой связи необходимой является разработка комплексных показателей для рационального водопользования в пределах муниципалитетов и регионов, учитывающих как возможности водного объекта к безвозвратному изъятию водных ресурсов, так и существующий уровень антропогенной нагрузки.

Экологический сток как критерий нормирования водопользования

Для количественной характеристики возможностей водопользования используется понятие «экологический сток». Современное международное определение стандарта экологического стока содержится в принятой в 2007 году Брисбенской декларации [1]: «Экологический сток описывает количественные, качественные и временные параметры

стока, необходимые для поддержания пресноводных и эстуарных экосистем, а также жизнеобеспечения и благополучия людей от них зависящих».

В Российской Федерации до 2007 г. не было официально утвержденного критерия степени регулирования речного стока. Приказом Министерства природных ресурсов РФ № 328 от 12 декабря 2007 г. «Об утверждении методических указаний по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты» закреплено понятие экологического попуска (для зарегулированных рек) и экологического стока (для не зарегулированных рек). Однако Приказ МПР № 328 единой методики расчета экологического стока/попуска не утверждает [4].

Как показал анализ литературных данных, оценкой экологического стока занимается ряд исследователей. Среди зарубежных исследователей следует отметить работы Richter В. D., Richter Н. Е. и Dyson М., четко определивших понятие экологического стока как режима речного стока, необходимого для поддержания экологической целостности речных экосистем [3].

Среди отечественных исследований выделяются работы Фащевского Б. В. [9], во многом определяющие основные вектора в понимании экологического стока; работы Орлова В. Г. [8], уделяющие внимание в большей степени гидрологическому подходу в принципах оценки экологического стока. Также следует отметить исследования Маркина В. Н. [5], попытавшегося объединить в своих работах нормирование антропогенного воздействия на количество водных ресурсов и их качество.

Методы оценки водного потенциала антропогенно нагруженной территории

Вне зависимости от методического подхода к оценке экологического стока его величина является характеристикой *водного объекта* в отношении возможностей изъятия водных ресурсов. В этой связи для характеристики возможностей *территории* применимо понятие природно-ресурсного потенциала, который представляет собой совокупность естественных ресурсов, являющихся основой экономического развития территории. Составной частью природно-ресурсного потенциала является водный потенциал территории, т. е. объем водных ресурсов, который можно забирать из водного объекта (как правило, водотока), не нарушая при этом естественных условий существования гидробионтов. В связи с этим для обеспечения рационального водопользования предложено понятие водный потенциал территории ($ВП_{тер}$), т. е. разница между текущими объемами фактического стока ($G_{факт}$) и экологического ($G_{экол}$).

При оценке экологического стока необходимо определить режим естественного стока, под которым понимается режим речного стока условно-естественного периода – до появления антропогенной нагрузки на водосборе. Например, «Методические указания...» [6]

за условно-естественный рекомендуют принимать период до строительства крупных водохранилищ или осуществления переброски стока. Тогда для периода с установившейся антропогенной нагрузкой водный потенциал определяется по формуле:

$$ВП_{антр} = ВП_{тер} - \sum G_{водопотр} = G_{факт} - G_{экол} - \sum G_{водопотр}, м^3 \quad (1)$$

где $G_{факт}$, $G_{экол}$ – соответственно годовой речной и экологический сток рассматриваемого водного объекта, $м^3$,

$\sum G_{водопотр}$ – суммарные годовые объемы, количество антропогенно нагруженной территории (промышленные объекты, коммунально-бытовые нужды, сельское хозяйство и т.п.) из водного объекта, $м^3$.

Алгоритм расчета водного потенциала антропогенно нагруженной территории графически интерпретирован на рисунке 1.

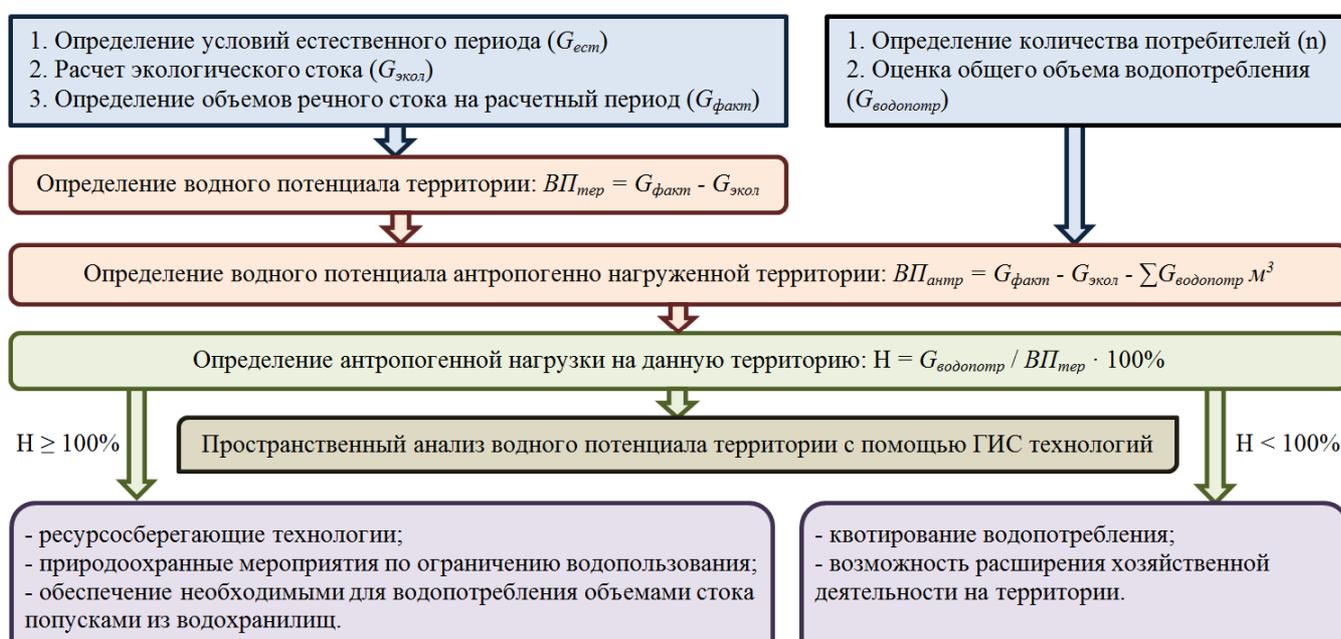


Рисунок 1. Методика определения водного потенциала территории и нагрузки на водный объект

Расчет водного потенциала территории Республики Башкортостан

Апробация предложенной методики проводится для территории Республики Башкортостан. Согласно Государственному докладу [2], объем средних ежегодно возобновляемых суммарных запасов поверхностных вод, формирующихся на территории Республики Башкортостан, составляет 25,5 км³.

Водные ресурсы республики отличаются неравномерностью распределения во времени (большая внутригодовая и многолетняя изменчивость) и по территории. Основная часть годового стока (до 70 %) приходится на весеннее половодье [2].

Согласно алгоритму (рисунок 1), проведен расчет экологического стока рек бассейна р. Белая в средние по водности годы (50 % обеспеченности) по методу Фащевского Б. В.

При определении величины экологического стока использовались данные БашУГМС по наблюдениям за среднегодовыми значениями расходов воды в 29 створах на реках бассейна р. Белая (с 1878 года).

Для оценки пространственного распределения экологического стока рек бассейна р. Белая использован модуль Spatial Analyst программного продукта ArcGIS (версия 9.3). Результаты приведены на рисунке 2.

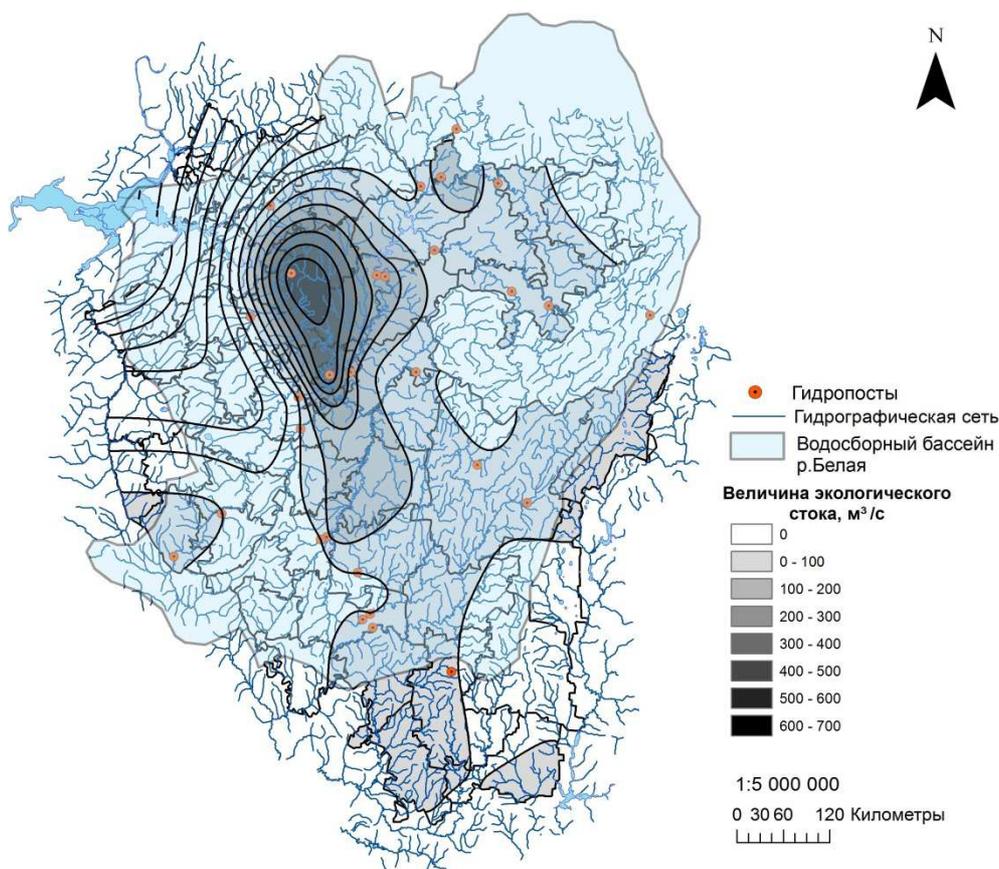


Рисунок 2. Пространственное распределение величины экологического стока рек бассейна р. Белая на территории Башкортостана (в годы 50 % обеспеченности по водности)

Из рисунка 2 видно, что наиболее обеспеченной водными ресурсами является центральная часть Республики Башкортостан, изобилующая крупными промышленными центрами на берегах главной водной артерии р. Белая. В то же время отсутствие широкой сети гидрологических постов дает неадекватную оценку величине экологического стока в нижнем течении р. Белая (всего 3 гидрологических поста: в створе г. Бирск, д. Алтаево, д. Новоюмраново), что несколько ограничивает применение математического аппарата модуля Spatial Analyst.

Далее по результатам расчета экологического стока, в соответствии с алгоритмом (рисунок 1), проведена оценка водного потенциала территории Республики Башкортостан, выполненная с помощью инструмента Spatial Analyst программного продукта ArcGIS (версия 9.3). Результаты представлены на рисунке 3.

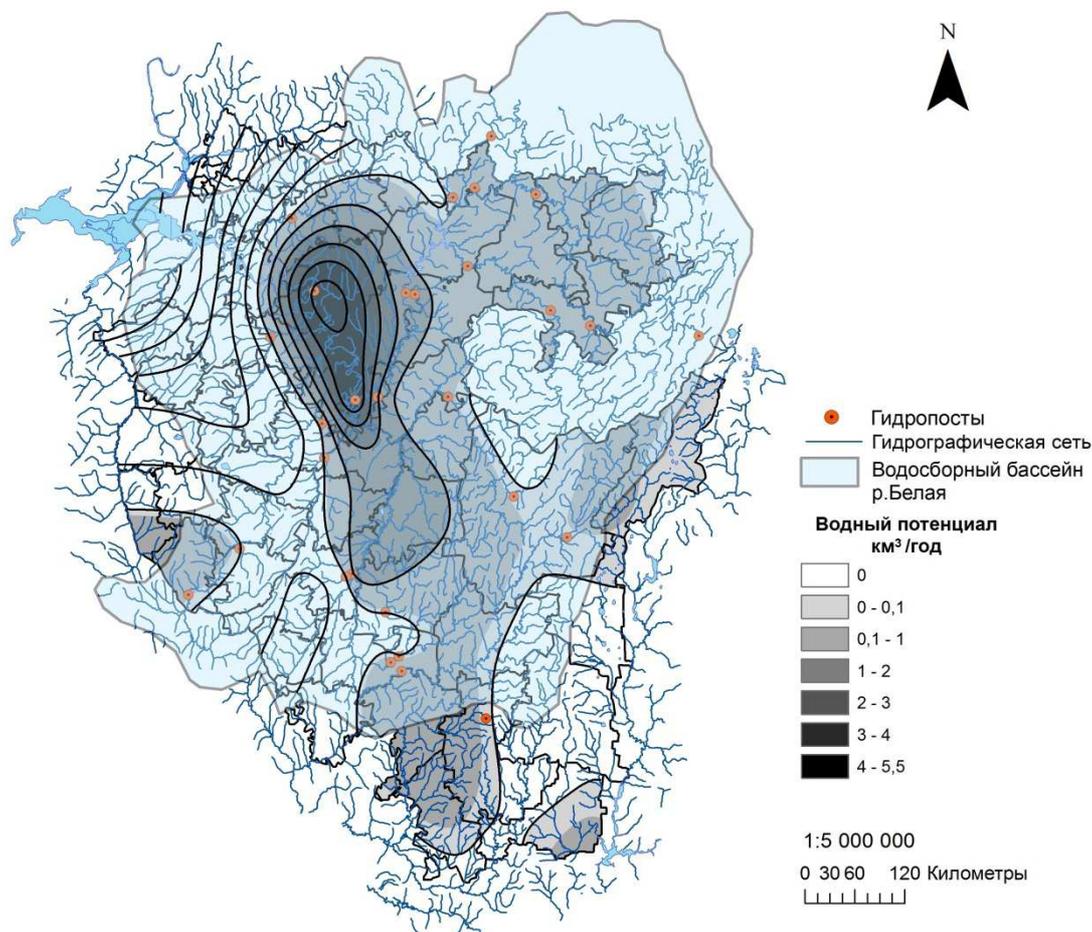


Рисунок 3. Водный потенциал территории Республики Башкортостан, км³

Для оценки водного потенциала антропогенно нагруженной территории в качестве примера проведен расчет водного потенциала и нагрузки на р. Куганак (бассейн р. Белой) свиноводческим комплексом, поскольку наибольшие объемы изъятия водных ресурсов характерны для крупных промышленных предприятий и объектов сельского хозяйства.

Река Куганак, длиной 102 км и площадью водосбора 1480 км², протекает по территории Башкортостана и является притоком реки Белой. Крупнейшим водопотребителем реки является свиноводческий комплекс, в котором содержится 54 тыс. голов свиней и ежегодно потребляется $2,96 \cdot 10^4$ км³ воды.

Экологический сток р. Куганак в год 50 % обеспеченности, согласно карте на рисунке 2, составляют $G_{экол} = 0,071$ км³/год. Тогда водный потенциал территории, согласно методике (рис. 1), при $G_{факт} = 0,110$ км³/год составит:

$$ВП_{мер} = 0,110 - 0,071 = 0,039 \text{ км}^3/\text{год}$$

С учетом объемов годового водопотребления на нужды свиноводческого комплекса водный потенциал антропогенно нагруженной территории, по формуле (1), составит:

$$ВП_{антр} = 0,0390 - 0,0003 = 0,0387 \text{ км}^3/\text{год}$$

С учетом объемов годового водопотребления на нужды свиноводческого комплекса нагрузка, осуществляемая при заборе воды из р. Куганак, составит:

$$Н = 0,0003 / 0,0390 \cdot 100\% = 0,76\%$$

Таким образом, несмотря на значительные объемы водопотребления свиноводческого комплекса, нагрузка на водный объект составляет менее 1 %, что, с одной стороны, говорит о существующих возможностях экономического развития территории, но, с другой стороны, требует дополнительного анализа внутригодовой динамики.

Выводы

1. Развитие методических основ экологического нормирования водопользования, необходимость которого выявлена при анализе работ отечественных и зарубежных исследователей, включает разработку комплексных показателей качества и количества водных ресурсов на региональном или муниципальном уровнях. Предложенная методика оценки водного потенциала территории, которая учитывает как возможности водного объекта к безвозвратному изъятию водных ресурсов, так и существующий уровень антропогенной нагрузки, позволяет повысить эффективность мероприятий по рациональному водопользованию в пределах муниципалитетов и регионов.

2. Апробация предложенной методики по оценке водного потенциала Республики Башкортостан с помощью ГИС-технологий показала высокий уровень водного потенциала в центральной части Башкортостана, где расположены крупные промышленные центры региона. В то же время существенное влияние на работу математического аппарата модуля Spatial Analyst программного продукта ArcGIS (версия 9.3) оказывает слабое развитие сети гидрологических постов.

Список литературы

1. Брисбенская декларация [текст]: [принята и провозглашена на международной конференции по экологическому стоку 6 сен. 2007 г.]. – 2007. – 6 сент. – С.7.
2. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2010 г. – Уфа, 2011. – 343 с.
3. Красногорская Н. Н., Елизарьев А. Н., Фащевская Т. Б. Комплексная оценка антропогенной деградации речных экосистем. Количественный аспект: Монография. – Уфа: Полиграфсервис, 2008. – 288 с.

4. Красногорская Н. Н., Елизарьев А. Н., Фащевская Т. Б. Экологическое квотирование водопотребления крупным промышленным центром и стимулирование реформинга водоемких технологий в России // Безопасность жизнедеятельности. – 2008. – № 12. – С. 21-28.
5. Маркин В. Н. Оценка экологически допустимого стока малых рек // Мелиорация и водное хозяйство. – 2005. – № 6.
6. Методические указания по оценке влияния хозяйственной деятельности на сток средних и больших рек и восстановлению их характеристик. – М.: Госкомгидромет, 1986. – 133 с.
7. Организация объединенных наций [Электронный ресурс]: Цели развития тысячелетия: доклад за 2012 год. – URL: <http://www.un.org/ru> (дата обращения: 17.03.2013).
8. Орлов В. Г. Проблема истощения водных ресурсов и подход к ее решению // Сборник трудов Международной школы-конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Изменение климата и окружающей среды», СПб.: РГГМУ, 2005. – [Электронный ресурс]: <http://conf.rshu.ru/orlov.htm> (дата обращения 11.01.2009).
9. Фащевский Б. В. Основы экологической гидрологии. – Минск: Экоинвест, 1996. – 240 с.

Рецензенты:

Аксенов Сергей Геннадьевич, д-р экон. наук, профессор, ФГБОУ ВПО Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа.

Кривошеев Игорь Александрович, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВПО Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа.