

РЕГИОНАЛЬНЫЕ
ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

УДК 556.53

ВОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ
И ЕГО СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ

© 2018 г. С. В. Долгов

Институт географии РАН, Москва, Россия

e-mail: svdolgov1978@yandex.ru

Поступила в редакцию 25.05.2017 г.

Принята в печать 22.03.2018 г.

Предложены и апробированы на примере Волгоградской области методические подходы к оценке водного потенциала территории, его ресурсной и экологической составляющих. Приведены данные об основных его элементах – местном речном стоке и притоке речных вод из соседних регионов, ресурсах поверхностных и подземных вод. Оценены величина и структура водно-ресурсного потенциала области. Выявлены современные тенденции влияния водного хозяйства, сельскохозяйственной деятельности и климата на водные ресурсы. Дана гидроэкологическая оценка их изменений. Показано, что область обладает значительным потенциалом дальнейшего использования ее водных ресурсов, если не учитывать необходимость обводнения волжской и донской водой соседних Астраханской и Ростовской областей. Принимая во внимание невысокое качество речных вод, водный потенциал Волгоградской области можно считать в значительной мере исчерпанным. Охарактеризована специфика современной гидроэкологической ситуации.

Ключевые слова: водно-ресурсный и водно-экологический потенциалы, ресурсы поверхностных и подземных вод, климатические и антропогенные изменения

DOI: 10.1134/S2587556618040040

Введение. Современные (с начала 1990-х годов) особенности формирования водных ресурсов обусловлены неоднозначным антропогенным воздействием в условиях значительного экономического спада, наблюдавшегося в 1990-е годы, и наметившейся в 2000-е годы тенденции роста сельскохозяйственного производства, сопровождаемой изменением в структуре сельскохозяйственных угодий. Свои коррективы вносят климатические факторы, весьма существенно изменившиеся за последние десятилетия. В то же время интегральный гидрологический и экологический результат произошедших современных трансформаций в региональном аспекте остается недостаточно изученным, особенно в отношении последствий изменений сельскохозяйственной деятельности на речных водосборах.

Особенно актуальна такая задача для южных регионов европейской части России, испытывающих интенсивную антропогенную нагрузку на водные объекты, особенно со стороны сельского и водного хозяйства. К их числу относятся Волгоградская область, расположенная на юге степной зоны с небольшими ресурсами местного стока. Вместе с тем имеются значительные ресурсы стока, поступающего по Волге и Дону.

Методические аспекты региональной оценки водного потенциала рассмотрены в ряде публика-

ций [8, 9, 12, 20 и др.]. Однако ряд методических вопросов остается нерешенным. Так, в качестве показателя водного потенциала часто понимаются лишь ресурсы полного речного стока, без анализа других составляющих – поверхностного склонового и подземного стока, ресурсов влаги в зоне аэрации, которые, в свою очередь, представляют значительный интерес для успешного развития сельского, водного, рыбного хозяйства, других водопотребителей и водопользователей.

Кроме того, гидроэкология – сравнительно новое междисциплинарное научное направление находится в процессе становления. Это относится и к ее понятийному аппарату. Многие из применяемых терминов заимствованы из самой гидрологии. Вместе с тем она тесно связана также с геоэкологией, которая изучает в основном среду обитания человека и других организмов. В этой связи представляется актуальным рассмотреть возможность наполнения гидрологическим содержанием таких понятий, как “ресурсный потенциал” и “экологический потенциал” территории, достаточно широко применяемых в современных геоэкологических исследованиях и важных при выборе путей развития экономики.

Цель данной работы заключается в разработке методики комплексной региональной оценки водного потенциала. На этой основе выявляются

современные тенденции влияния водного и сельского хозяйства на речных водосборах, а также климата на водные ресурсы Волгоградской области и оценивается потенциал дальнейшего их использования.

Методические особенности и исходные данные.

В качестве методологической основы используются представление о гидрологической ярусности равнинной территории [7], математическим выражением которой является элементная структура водного баланса, а также понятие о геостоке, сформулированное С.Д. Муравейским по отношению к речному стоку. С учетом высотно-пространственной дифференциации речного бассейна [7] под *геостоком* нами понимается перемещение воды вместе с минеральными и органическими веществами (растворенными и взвешенными), живыми организмами, тепловой энергией по поверхности речного бассейна, внутри его — по зоне аэрации, водоносным горизонтам и в итоге — по речному руслу. В соответствии с рассматриваемой проблематикой анализируется преимущественно водная составляющая геостока.

Для оценки перспектив социально-экономического развития территории необходимы достаточно детальные знания об ее *водном потенциале* (ВП), под которым понимается совокупность ее поверхностных и подземных, постоянных и временных вод, образованных как в естественных, так и в нарушенных хозяйственной деятельностью условиях.

Основные виды ВП соответствуют водной компоненте геостока на разных стадиях его формирования в процессе трансформации атмосферных осадков в речной сток. К числу основных видов ВП относится широко используемый для наполнения прудов и водохранилищ поверхностный склоновый сток, влага в почвогрунтах зоны аэрации, подземные воды зоны насыщения, а также речной сток.

Водный потенциал территории может быть реализован в двух аспектах — ресурсном и экологическом. Соответственно, он включает две составляющие — водно-ресурсный потенциал (ВРП) и водно-экологический потенциал (ВЭП).

Под *водно-ресурсным потенциалом* территории понимается часть ВП, включающая воды, которые экономически целесообразно и технически доступно использовать промышленностью, сельским хозяйством, водным транспортом, в бытовых, рекреационных целях, для рыбоводства и т.д. Основные виды ВРП соответствуют выше перечисленным видам ВП.

Вследствие подверженности влиянию природно-климатических и антропогенных факторов особенностью ВРП является изменчивость, как по территории, так и во времени. Этот показатель, с одной стороны (как и ВП), обусловлен физико-географической зональностью, он убывает в

южном и юго-восточном направлениях по Русской равнине из-за уменьшения количества осадков и увеличения испаряемости. С другой стороны, он зависит от степени антропогенной нагрузки. Особенно интенсивно используются водные ресурсы в густонаселенных регионах с развитой промышленностью и сельским хозяйством, ВРП которых при одинаковых природно-климатических условиях может быть существенно меньшим, чем в соседних регионах (без учета переброски стока).

При освоении ВП территории важно учитывать не только величину, но и экологические его свойства (качество, внутригодовую и многолетнюю изменчивость, состояние водных экосистем, их биоразнообразие, продуктивность и др.). В связи с рядом экологических ограничений, в условиях антропогенной нагрузки (как на сами водные объекты, так и на площади их водосборов) может быть реализована лишь часть ВП, не превышающая минимального количества вод, необходимого для нормального функционирования экосистем.

Под *водно-экологическим потенциалом* территории понимается часть водного потенциала, необходимая (с учетом качества воды) для поддержания нормального состояния экосистем в нарушенных хозяйственной деятельностью условиях, а также воды, предназначенные для сохранения параметров нормального их функционирования на участках территории с естественными условиями. В общем случае этот показатель может изменяться от минимальной его величины, характерной для нарушенных условий функционирования экосистем, до максимального значения (равного ВП) на участках территории с естественными условиями.

Непосредственно количественная оценка ВЭП территории вследствие многофакторности и интегрального характера этого показателя до настоящего времени остается практически нерешенной задачей. Существующих знаний о допустимом уровне антропогенных воздействий нередко оказывается недостаточно. Для самих водных объектов с этой целью могут использоваться различные подходы, ориентированные на повышение безопасности водопользования [1], учитывающие самоочищающую их способность [11], концентрацию содержащихся химических веществ по отношению к ПДК, результаты экологического нормирования безвозвратного изъятия речных вод и экологического стока [10] и т.д. Наименее разработанной остается проблема определения и нормирования допустимых антропогенных нагрузок на водосборные площади водных объектов [12]. Во многом это обусловлено несовпадением интересов отдельных отраслей экономики, в том числе сельского и водного хозяйства, гидроэнергетики, рыбоводства и др. В связи со сказанным основное внимание в данной работе уделено не количественной оценке ВЭП, а его тенденциям, обусловленными совре-

Таблица 1. Средний многолетний водный баланс без учета притока речных вод из соседних регионов (в мм слоя)

Область	Годовые осадки	Весенний средний взвешенный склоновый сток	Годовой сток рек			Коэффициент суммарного стока	Валовое увлажнение (осадки минус поверхностный сток)	Испарение
			поверхностный	подземный	суммарный			
Волгоградская	450	27	33	5.3	38	0.08	417	412
Воронежская	600	34	53	19	72	0.12	547	528
Ростовская	530	21	26	6.5	33	0.06	504	497
Саратовская	470	29	44	12	56	0.12	426	414
Астраханская	280	8	6.4	0	6.4	0.02	274	274
Россия в целом	571	—	188	47	235	0.41	383	336

Составлено по [6, 13].

менными климатическими и антропогенными изменениями водных ресурсов.

В качестве исходной информации использовались многолетние данные о водном балансе [6], результаты наблюдений ВНИАЛМИ за поверхностным склоновым стоком и осадках на Волгоградском стационаре и Поволжской АГЛОС¹, а также данные о состоянии и использовании ресурсов поверхностных и подземных вод [4, 5, 17, 19 и др.], статистические социально-экономические данные.

Водный потенциал Волгоградской области. Область (площадь 112 880 км²) расположена в основном в степной зоне южной части Русской равнины с черноземными и каштановыми почвами. Около 65% ее территории относится к бассейну Дона, 16% – к бассейну Волги, 19% занято районами замкнутого стока с мелкими реками [6]. Густота речной сети больше, чем в соседних регионах, и составляет 0.33 км/км². Территория области характеризуется небольшой величиной озерности – 3.72% и заболоченности – 0.31% [16].

Местный сток формируется в степных условиях с невысокой увлажненностью. Осадки преимущественно (92%) расходуются на испарение (по России в целом – 59%), лишь 8% осадков трансформируется в речной сток (по России в среднем – 41%) (табл. 1).

Величина речного стока, усредненная по территории Волгоградской области, составляет сравнительно небольшую величину – 38 мм слоя, что почти в 2 раза меньше, чем в соседней Воронежской области и в 6 раз меньше, чем по России в целом (см. табл. 1).

Годовой сток формируется главным образом за счет весеннего поверхностного склонового стока. Его величина по состоянию на начало

1970-х годов была весьма существенной, практически такой же, как в менее засушливой соседней Саратовской области² (см. табл. 1). Такая ситуация приводила к развитию водной эрозии на речных водосборах и к интенсивному выносу в русловую сеть взвешенных веществ.

Минусом в экологическом отношении является низкая доля в области подземных вод в суммарном речном стоке (14%, по России в целом – 20%, см. табл. 1), обладающих, как правило, более высоким качеством, чем поверхностные воды, и не испытывающих резких многолетних и внутригодовых колебаний. В структуре суммарного водного потенциала Волгоградской области (с учетом транзитного стока Волги и Дона) подземные воды составляют также небольшую величину – 0.5% (России в целом – 7%) (табл. 2).

Картина водообеспеченности Волгоградской области кардинально меняется с учетом транзитного речного стока, формирующегося за ее пределами (табл. 3). По сравнению с соседними регионами она обладает наиболее значительным потенциалом стока, составляющим 6.5% от его величины для России в целом, что во многом обусловлено многоводностью Волги и Дона. Доля местного стока в суммарном речном стоке небольшая – лишь 1.6% (в Астраханской – 0.11%, Ростовской – 11.2%, Воронежской – 26.7%, Саратовской – 2.2%, России в целом – 95.4%). Такая структура водного потенциала определяет высокую зависимость от величины и качества поступающего из соседних областей (Саратовской и Воронежской) речного стока. В то же время вследствие значительной доли транзитного стока (98.4%) в суммарном водном потенциале в экстремально низкие по водности годы (например, 95% обеспеченности) в Волгоградской области

¹ Анализировался рассчитанный А.Т. Барабановым, В.И. Пановым [2, 3, 18] сток на рыхлой к началу весеннего половодья пашне (зябь, черный пар) и уплотненной к этому времени (озимые, многолетние травы, стерня и др.).

² До речных русел доходит только часть образующегося на склонах стока, часть задерживается в замкнутых отрицательных формах рельефа. Значительный вклад в формирование речного стока вносит сток, образующийся на площади гидрографической сети.

Таблица 2. Структура водного потенциала (среднее за 1930–1980 гг.)

Область	Речные и подземные воды	Речные воды	Подземные воды
	км ³ /год		
Волгоградская	259.9	258.6	1.34
Астраханская	238.2	237.7	0.47
Ростовская	27.5	26.1	1.40
Воронежская	15.2	13.7	1.52
Саратовская	243.5	241.5	2.00
Россия в целом	4577	4260	317

Составлено по [5].

Таблица 3. Годовой речной сток (в км³, по состоянию на 1960 г.)

Область	Сток, формирующийся в пределах области		Приток речных вод в область		Суммарный сток	
	средний	95% обеспеченности	средний	95% обеспеченности	средний	95% обеспеченности
Волгоградская	4.33	1.09	269.3	187.7	273.6	188.8
Воронежская	3.75	1.99	10.3	5.08	14.0	7.07
Ростовская	3.36	0.61	26.6	12.5	30.0	13.1
Саратовская	5.60	1.49	247.3	178.3	252.9	179.8
Астраханская	0.28	0.05	253.6	180.1	253.9	180.1
Россия в целом	4003	—	194	—	4197	—

Составлено по [6].

возможно не столь резкое его снижение (в 1.5 раза), как, например, в Воронежской и Ростовской областях, где оно достигает 2–2.3 раза (см. табл. 3).

Структура современного водно-ресурсного потенциала. С учетом транзитного стока Волгоградская область обладает весьма высоким ресурсным потенциалом *речных вод* (табл. 4). Его величина, приходящаяся на одного человека, в 16–17 раз больше, чем в Ростовской и Воронежской областях и в 3.5 раза больше, чем в среднем по России. Этот показатель меньше лишь по сравнению с Астраханской областью (в 2.3 раза). Довольно значительной является также величина ресурсов стока Волгоградской области в расчете на 1 км² ее территории, она уступает лишь Астраханской области (в 2 раза).

Гораздо меньшим ресурсным потенциалом характеризуются *подземные воды* области. Прогнозные ресурсы подземных вод³ составляют лишь 1.34 км³/год (0.4% от ресурсов России в целом), а их запасы⁴ еще меньше – 0.37 км³/год (1.2% от запасов всей России) [5]. Удельная величина ресурсного

³ Количество подземных вод определенного качества и целевого назначения, которое может быть получено на данной территории, оно отражает потенциальные возможности их использования.

⁴ Разведанная и прошедшая государственную экспертизу часть прогнозных ресурсов подземных вод.

потенциала подземных вод (в расчете на 1 км² площади Волгоградской области и на одного жителя) также сравнительно небольшая, значительно меньше, чем для России в целом (см. табл. 4).

По сравнению с соседними регионами Волгоградская область обладает наиболее значительным *суммарным потенциалом* дальнейшего использования основных видов ее водных ресурсов – *речных и подземных вод* (см. табл. 4). Величина суммарного ВРП, приходящаяся на один квадратный километр ее территории, почти в 9 раз больше, чем в среднем по России, а в расчете на одного жителя она больше в 3 раза. Высокая величина ВРП создает предпосылки для развития в Волгоградской области – при диверсификации ее экономики – водоемкого орошаемого земледелия. Но это без учета необходимости водообеспечения низовий Волги и Дона, где часто противоречивые интересы сельского хозяйства, гидроэнергетики, рыбоводства и судоходства приводят к острому дефициту водных ресурсов.

В структуре суммарного ВРП области весьма высока доля речных вод – 99.5% (по России в среднем – 93.1%) по сравнению с подземными. Причем значительная величина его во многом обусловлена притоком крупных транзитных рек Волги и Дона (табл. 5). Сравнительно небольшой является и абсолютная его величина – 4.14 км³/год. В расчете на 1 км² территории Волгоградской об-

Таблица 4. Среднегодовое значения (за 1930–1980 гг.) основных составляющих водно-ресурсного потенциала

Область	Речные и подземные воды		Речные воды		Подземные воды	
	тыс. м ³ /год на 1 км ² площади	тыс. м ³ /год на 1 жителя	тыс. м ³ /год на 1 км ² площади	тыс. м ³ /год на 1 жителя	тыс. м ³ /год на 1 км ² площади	тыс. м ³ /год на 1 жителя
Волгоградская	2303	102.1	2291	101.6	11.8	0.53
Астраханская	5400	234.1	5390	233.6	9.66	0.46
Ростовская	273.4	6.52	259.5	6.19	13.9	0.33
Воронежская	290.5	6.51	261.4	5.87	29.1	0.64
Саратовская	2405	97.9	2385	97.1	19.7	0.80
Россия в целом	267.8	31.8	249.3	29.6	18.5	2.16

Составлено по [5].

Таблица 5. Структура ресурсов речного стока (по данным за 1930–1980 гг.)*

Область	Приток речных вод из других регионов и местный сток			Приток речных вод			Местный сток		
	км ³ /год	тыс. м ³ /год на 1 км ² площади	тыс. м ³ /год на 1 жителя	км ³ /год	тыс. м ³ /год на 1 км ² площади	тыс. м ³ /год на 1 жителя	км ³ /год	тыс. м ³ /год на 1 км ² площади	тыс. м ³ /год на 1 жителя
Волгоградская	258.6	2291	101.6	254.5	2254	100	4.14	36.7	1.63
Астраханская	237.7	5390	233.5	237.5	5385	233.3	0.24	5.44	0.24
Ростовская	26.2	259.5	6.18	23.3	230.8	5.50	2.9	28.7	0.68
Воронежская	13.7	261.4	5.87	10.0	191.6	4.30	3.66	69.8	1.57
Саратовская	241.5	2385	97.1	236.2	2333	95	5.31	52.4	2.13
Россия в целом	4262	249.3	29.6	196.1	11.5	1.36	4066	237.8	28.2

*Соотношение между притоком речных вод и местным стоком принято по состоянию на 1960 г. [6].

ласти величина потенциала дальнейшего использования ресурсов местного стока в 6.5 раза уступает среднероссийскому показателю, а в расчете на 1 жителя – в 17 раз. В то же время величина ВРП местного стока в расчете на 1 жителя близка к величине ВРП соседней, менее засухливой, но более плотно заселенной Воронежской области.

Современные тенденции влияния водного хозяйства на водно-ресурсный потенциал. Забор воды из поверхностных водных объектов Волгоградской области для непосредственного водопотребления составляет небольшую величину (в 2014 г. лишь 0.849 км³, или 0.33% от величины среднего многолетнего речного стока). Неиспользуемая часть ресурсов речного стока с учетом притока речных вод из соседних регионов значительна и составляет 99.66% (по России в среднем – 98.74%). Ее удельная величина в расчете на 1 км² площади в 9 раз превышает аналогичный показатель для России в целом.

В 2014 г. отбор подземных вод в Волгоградской области составил 0.067 км³/год [5], это лишь 5% от величины их прогнозных ресурсов. Отсюда

следует, что потенциал освоения подземных вод Волгоградской области достаточно высок и составляет 95% от величины прогнозных ресурсов (в Астраханской области – 99.9%, Ростовской – 91.1%, Воронежской – 83.7%, Саратовской – 98.2%, России в целом – 97.1%).

Характерной тенденцией в 2000-е годы стало дальнейшее, после спада 1990-х годов, снижение забора воды на все нужды. За период 2000–2015 гг. оно составило в Волгоградской области 33% (Астраханской – 57%, Саратовской – 22%, Ростовской – 35%, Воронежской – 39%, по России в целом – 20%) [5].

Наряду с этой тенденцией плюсом в экологическом отношении является также снижение водоемкости экономики за рассматриваемый период (рис. 1). По величине водозабора на единицу валового регионального продукта (в ценах 2008 г.) Волгоградская область близка к Саратовской. Но водоемкость ее экономики, вследствие меньшей доли сферы услуг и большей площади орошаемого земледелия, остается все-таки выше, чем в среднем по России и в соседней Воронежской об-



Рис. 1. Динамика водоемкости хозяйственной деятельности (объема водозабора на единицу валового регионального продукта в ценах 2008 г.).

ласти. Так, согласно данным Росстата, по состоянию на 2014 г. вклад услуг (торговли, операций с недвижимостью, транспорта и связи, государственного управления и др.) в валовую добавленную стоимость в Волгоградской области составил лишь 45%, тогда как по России в целом — 56.3%, в Воронежской области — 58.9%.

Другой положительной тенденцией в 2000-е годы является сокращение сброса сточных вод в поверхностные водные объекты, также способствующее улучшению гидроэкологической ситуации. Причем величина этого снижения (по отношению к 2000 г.) даже более существенна, чем снижение объема водозабора. Так, в Волгоградской области сточных вод стало сбрасываться меньше на 43% (Астраханской — 76%, Саратовской — 41%, Ростовской — 44%, Воронежской — 48%, по России в целом — 23%). В результате разбавляющая сточные воды способность речного стока несколько увеличилась.

Из динамики рассмотренных показателей антропогенного влияния на водные ресурсы, главным образом со стороны водного хозяйства, следует вывод, что в 2000-е годы наблюдается тенденция к росту ВРП, создающая предпосылки для улучшения гидроэкологической ситуации на территории Волгоградской области (а также сопредельных регионов и России в целом).

Современные изменения водно-ресурсного потенциала под влиянием сельскохозяйственной деятельности на речных водосборах. К числу наиболее значимых с гидрологических позиций показателей сельскохозяйственной деятельности относят-

ся величина посевной площади и ее структура, прежде всего соотношение между наиболее контрастными условиями формирования стока — рыхлой (зябью) и уплотненной пашней (озимые, многолетние травы и т.д.).

В связи с экономическим спадом в начале 1990-х годов к 2000 г. посевная площадь Волгоградской области сократилась в 2 раза. Затем она стала постепенно восстанавливаться, но так и не достигла уровня 1990 г. (в 2011 г. она составила лишь 69% от него). Сокращение площади посевов (при неизменной их структуре) способствует увеличению склонового стока с территории области в целом, поскольку выводимые из севооборотов площади представляют собой уплотненную почву, как правило, с более высоким коэффициентом стока⁵, чем почва под зябью. По данным многолетних наблюдений [2, 18], норма стока в Волгоградской области с уплотненной пашни в 2.5–4 раза превышает норму стока с зяби.

За последние десятилетия произошли весьма существенные изменения в условиях формирования склонового стока вследствие изменения величины и структуры посевной площади. Так, доля уплотненной пашни в посевной площади сначала снизилась (за период 1990–2000 гг. с 51 до 44%), затем она существенно увеличилась — до 64% (2011 г.), превысив ее величину за 1990 г. на 13%. Но из-за значительного сокращения всей посевной площади сток с нее к 2011 г. все-таки снизился — по отношению к 1990 г. на 21⁶–24⁷% (без учета изменения климата).

Полученные результаты относятся к оценке влияния на склоновый сток лишь фактической посевной площади. Однако выведенные из севооборота площади весьма значительны. В 2011 г. их доля оставалась высокой — 31% от посевной площади 1990 г. Приняв посевную площадь 1990 г. за основу, можно для большей части территории области (54%) оценить динамику совокупного влияния на поверхностный сток изменений структуры посевов и выведенных из севооборота площадей (рис. 2).

Из выполненных расчетов следует, что в результате произошедших изменений в структуре сельскохозяйственных угодий ВРП весеннего поверхностного склонового стока на значительной части Волгоградской области (54% территории) должен был увеличиться — к 2000 г. на 18–25% и к 2011 г. — 20–29%. Однако этого не произошло, по-

⁵ Это минимальная величина коэффициента стока, поскольку часть выведенных из севооборота площадей использовалась для расширения земель населенных пунктов, дачного строительства, развития дорожной сети и т.д.

⁶ При норме стока с уплотненной почвы 35 мм и с зяби 8 мм по состоянию на 1970 г. [15].

⁷ При норме стока по А.Т. Барабанову с уплотненной почвы 25 мм и с зяби 10 мм по состоянию на 1990 г. [2].

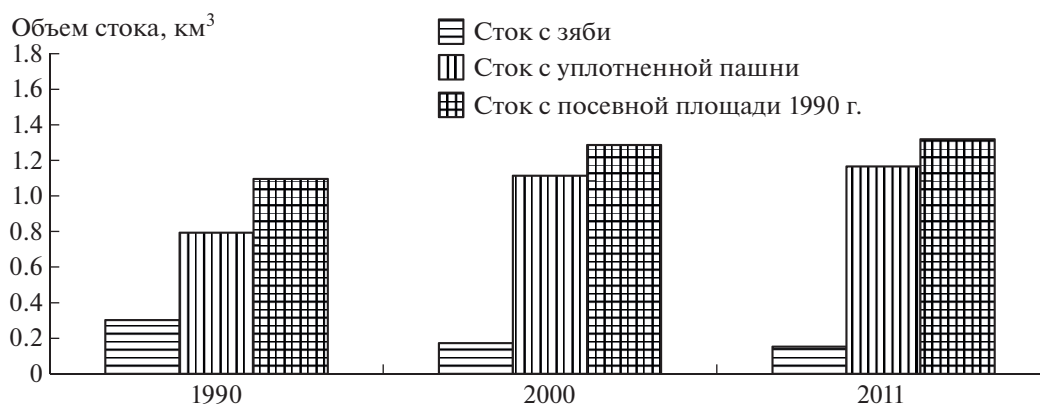


Рис. 2. Динамика весеннего поверхностного стока Волгоградской области с посевной площади 1990 г. (при норме стока по А.Т. Барабанову [2] и без учета изменения климата).

сколькx климатические изменения способствовали противоположной тенденции – его сокращению.

Влияние климатических изменений на водно-ресурсный потенциал. Обусловленное изменением климата снижение ресурсов склонового стока в степных районах Русской равнины составило на зяби 33–83% и на уплотненной пашне 40–74% (табл. 6). Причем склоновый и речной сток в половодье под влиянием изменений климата снизились бы еще в большей степени, если бы не компенсирующее влияние роста в последние годы доли уплотненной пашни.

В то же время за последние десятилетия произошло значительное усиление инфильтрации атмосферных осадков в степные черноземы во время весеннего половодья (соответственно 41 и 24%). При этом в сухой степи со светло-каштановыми почвами она даже уменьшилась, поскольку к началу весеннего половодья снеготазпасов стало меньше вследствие участвовавших зимних оттепелей. Но в холодный период до начала половодья инфильтрация в сухой степи также увеличилась (на 1–14%).

Эти изменения обусловлены главным образом тем, что рост температуры воздуха в холодный период года (на 1.2–1.4°C) за последние десятилетия (с 1981 г.) привел к снижению глубины промерзания почвогрунтов почти в два раза. В то же время величина осадков за холодный период изменилась не столь однозначно – уменьшилась в районе Волгоградского стационара (на 8.4%), но в степном Самарском Заволжье, напротив, увеличилась (на 4.4%).

Сложившаяся ситуация, обусловленная современными климатическими изменениями струк-

Таблица 6. Изменения поверхностного склонового стока и инфильтрации в почву за период с 1981 г. по сравнению с предшествующим периодом

Почва (стационар, период наблюдений)	Вид пашни	Сток		Инфильтрация в почву за весеннее половодье		Инфильтрация за холодный период, включая период весеннего половодья		Инфильтрация за холодный период до периода весеннего половодья	
		Изменение							
		мм	%	мм	%	мм	%	мм	%
Обыкновенные черноземы (Поволжская АГЛОС, 1959–2016)	Зябрь	–3	–33	35	41	11	6	–19	–18
	Уплотненная пашня	–18	–40	20	24	26	16	7	9
Светло-каштановая (Волгоградский стационар ВНИ- АЛМИ, 1957–2016)	Зябрь	–5	–83	–15	–30	–13	–6	1	0,6
	Уплотненная пашня	–17	–74	–20	–39	–1	–1	19	14

Рассчитано по данным А.Т. Барабанова и В.И. Панова.



Рис. 3. Динамика урожайности зерновых культур в Новоаннинском районе Волгоградской области.

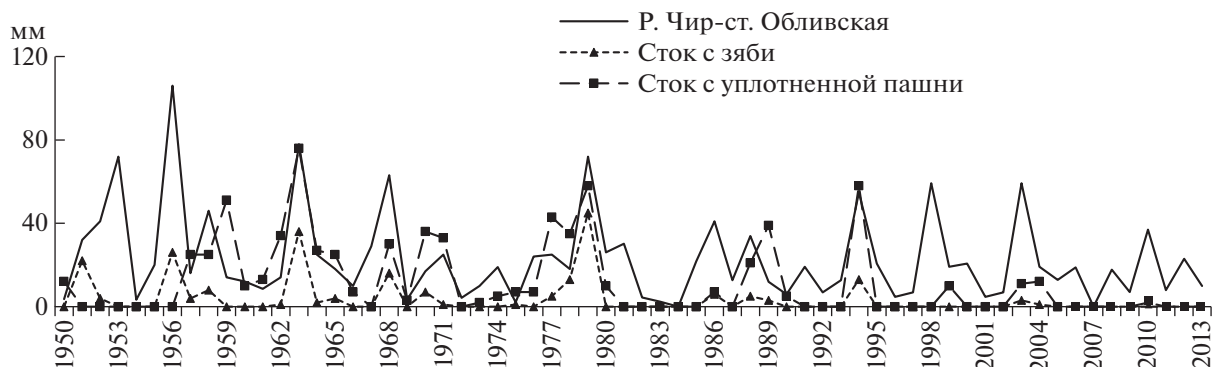


Рис. 4. Динамика поверхностного склонового стока (по данным А.Т. Барабанова) и стока речного весеннего половодья в районе Волгоградского стационара ВНИИЛМИ.

туры весеннего водного баланса на сельскохозяйственных угодьях, способствует улучшению экологических свойств ВРП Волгоградской области. Снизилась интенсивность эрозионной деятельности склонового стока, уменьшилось количество загрязняющих веществ, поступающих с ним в реки. Возросла инфильтрация осадков в холодный период, что увеличило ресурсы почвенной влаги перед началом вегетационного периода и способствовало увеличению урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе зерновых (рис. 3). Произошло это главным образом за счет изменения структуры посевной площади в пользу озимых зерновых культур, а не яровых, по-видимому, менее приспособленных к изменившимся климатическим условиям.

Реакция ВРП на совместное влияние изменений климата и хозяйственной деятельности. Современные разнонаправленные климатические и антропогенные тенденции в опосредованном через

склоновый сток виде проявляются также в изменениях речного стока в половодье. За период 1981–2013 гг. во многих степных и лесостепных районах Русской равнины он значительно сократился (на 25–40%), но в целом в меньшей степени, чем склоновый сток (рис. 4). Объясняется это тем, что, во-первых, в последние годы увеличилась относительная гидрологическая роль площади гидрографической сети в его формировании, во-вторых, за счет повышенной инфильтрации талых вод в почву существенно увеличилась подземная составляющая стока.

В результате изменилась структура ресурсов годового местного речного стока – увеличилась доля дренируемых реками подземных вод, а доля поверхностной составляющей стока существенно снизилась, что привело к снижению неравномерности внутригодового распределения речного стока.

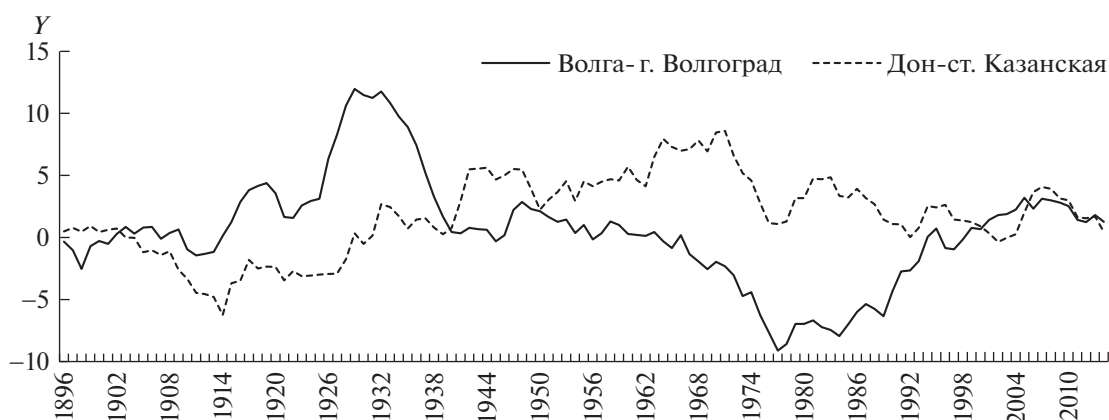


Рис. 5. Нормированные разностные интегральные кривые годового стока ($Y = \sum(k_i - 1)/C_v$, где k_i – отношение величины стока за i -й год к средней многолетней его величине, C_v – коэффициент вариации).

Из обобщения многолетних данных Водного кадастра [19] следует, что по области в целом ресурсы годового местного речного стока за последние десятилетия (1987–2014 гг.) по сравнению с нормой на 1960 г. [6], хотя и на небольшую величину (около 3.5%), но увеличились. В то же время в Воронежской и Ростовской областях они значительно уменьшились – на 33–34% и практически не изменились в Саратовской области.

В основном за счет увеличения притока по р. Волге (на 4.6%) суммарный ВРП Волгоградской области также увеличился, несмотря на снизившийся приток речных вод Дона (5.9%). Обусловлена такая ситуация несовпадением в многолетней динамике годового стока фаз водности этих рек. Так, на р. Волге с конца 1970-х годов до 2005 г. наблюдалась многоводная фаза (возможно, не завершившаяся в последующие годы), а на р. Дон продолжается маловодная фаза, начавшаяся еще в начале 1970-х годов (рис. 5).

Такая ситуация скорее всего обусловлена различием в многолетнем ходе испарения в теплый период года в бассейнах Волги и Дона. Так, по данным Н.А. Сперанской [21], в лесной зоне, где в основном формируется сток Волги, с конца 1970-х годов отмечается тенденция к уменьшению испарения ((–1.5)–(–2.7) мм/год) или слабо выраженная тенденция к небольшому его росту (0.4–1.5 мм/год). Тогда как в лесостепи и степи бассейна Дона характерной тенденцией последних десятилетий является повсеместный рост испарения – от 0.4 мм/год в лесостепи до 3.2 мм/год в степи, достигающий в сухих степях и полупустыне 6.2 мм/год.

Специфика современной гидроэкологической ситуации. Современные тенденции в развитии водного сельского хозяйства на речных водосборах, а также климатические изменения способствуют увеличению водно-ресурсного потенциала и улучшению ряда его экологических свойств.

Однако сложившаяся ситуация в отношении качества водных ресурсов не столь однозначна. Она обусловлена не только перечисленными причинами, но в существенной мере зависит от ряда других факторов, в том числе от состояния поступающих из соседних регионов речных вод по Волге и Дону. По данным Росгидромета [17], в течение последних пяти лет они характеризуются невысоким качеством и являются “загрязненными”. К характерным загрязняющим веществам относятся органические (по БПК₅ и ХПК), соединения меди и цинка, нефтепродукты и др. Не наблюдается существенного улучшения качества речных вод и в пределах самой Волгоградской области, несмотря на появившиеся в последние годы предпосылки к этому (если судить по рассмотренным выше изменениям ВРП и его структуры).

Причина такой ситуации во многом заключается в недостаточно эффективной организации природо- и водоохранной деятельности, в том числе вследствие отсутствия мониторинга за миграцией загрязняющих веществ с территорий населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий, дорожной сети, из мест неорганизованного отдыха, мусорных свалок и т.д.

Гидроэкологическую ситуацию в Волгоградской области нельзя отделять от таковой в соседних областях, в первую очередь в Астраханской и Ростовской, водообеспеченность которых во многом определяется величиной и режимом стока, поступающего из Волгоградской области. Ярким примером является проблема улучшения экологического состояния Волго-Ахтубинской поймы, порожденная во многом недостаточной величиной сброса воды из Волгоградского водохранилища. Установление экологического стока (пуска) [10] с учетом удовлетворения нередко несовпадающих потребностей водного и сельского хозяйства, а также природоохранных требований является наиболее важным инструментом

улучшения гидроэкологической ситуации в Волго-Ахтубинской пойме — сохранения (восстановления) ее водно-болотных угодий, рыбных нерестилищ, заливных лугов с высокой продуктивностью, рекреационного потенциала и т.д.

В последние десятилетия эта проблема осложнилась вследствие существенного снижения стока весеннего половодья и возникших при этом трудностей в наполнении до расчетного уровня Волгоградского водохранилища. В этой связи особую значимость приобретают вопросы увеличения точности методов его прогнозирования, в том числе путем более детального учета пространственной изменчивости процессов образования склонового стока на речных водосборах. Поэтому актуальны восстановление и развитие сети воднобалансовых стационаров (стоковых станций) в бассейнах Волги и Дона, многие из которых в начале 1990-х годов оказались закрытыми, а на оставшихся стационарах наблюдения проводятся по сокращенной программе.

Выводы.

1. С учетом особенностей высотно-пространственной дифференциации речного бассейна предложены теоретико-методические подходы к комплексной оценке водного потенциала территории, которые апробированы на примере Волгоградской области.

2. Показано, что по сравнению с соседними регионами и Россией в целом Волгоградская область обладает наиболее значительным суммарным потенциалом дальнейшего использования ее водных ресурсов — речных и подземных вод. Вместе с тем с учетом необходимости обводнения и решения экологических проблем Астраханской и Ростовской областей за счет стока Волги и Дона водно-ресурсный потенциал Волгоградской области в значительной мере исчерпан.

3. Выявлены современные тенденции влияния водного хозяйства на ВРП и ВЭП территории Волгоградской области — снижение забора воды на все нужды и еще более существенное сокращение сброса сточных вод в водные объекты. Плюсом в экологическом отношении является также снижение водоемкости экономики, но она вследствие меньшей доли сферы услуг и большей площади орошаемого земледелия остается все-таки выше, чем в среднем по России и в Воронежской области.

4. Оценены современные изменения ВРП под влиянием сельскохозяйственной деятельности на речных водосборах. Установлено, что за последние десятилетия (1981–2016 гг.) ресурсный потенциал поверхностного склонового стока резко снизился (на 35–85% с полей под зябью и на 40–75% на угодьях с уплотненной пашней). Склоновый сток стал менее устойчивым в многолетнем разрезе, а в отдельные годы вообще отсутствовал,

существенно снизилась интенсивность его эрозионной деятельности.

5. Установлено, что уменьшение склонового стока под влиянием климатических факторов в несколько раз превышает его увеличение в результате сокращения площадей под зяблевой пашотой. Если бы не компенсирующее влияние сельскохозяйственной деятельности на речных водосборах, то современный склоновый сток и речной сток в половодье под влиянием климатических изменений снизились бы еще в большей степени.

6. Характерной тенденцией последних десятилетий стало увеличение ресурсов почвенной влаги перед началом вегетационного периода за счет усилившейся (в среднем на 25–40%) инфильтрации атмосферных осадков в предшествующий холодный период года (включая период весеннего половодья), что создает предпосылки для получения более высоких урожаев.

7. Наблюдаемые в последние десятилетия изменения в структуре водного баланса речных водосборов (значительное снижение величины весеннего поверхностного склонового стока и увеличение инфильтрации осадков) способствуют снижению неравномерности внутригодового распределения речного стока, увеличивают долю его подземной составляющей, обладающей обычно более высоким качеством, чем поступающие в реки со склонов поверхностные талые и дождевые воды.

8. Тенденции за последние годы в развитии водного хозяйства и сельскохозяйственной деятельности на речных водосборах, а также климатические изменения в итоге привели к увеличению водно-ресурсного потенциала и к ряду позитивных экологических последствий. Однако при дальнейшем его освоении необходимо учитывать, что в качестве лимитирующего фактора во многих случаях в Волгоградской области выступает не количество водных ресурсов, а низкое их качество.

9. К числу наиболее эффективных и надежных инструментов для оценки влияния на водные ресурсы изменений климата и хозяйственной деятельности на речных водосборах относятся наблюдения на воднобалансовых и стоковых стационарах. Весьма актуальным в этой связи являются восстановление и развитие их сети в бассейнах Дона и Волги.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке проектов ОНЗ РАН (Пр. № 12), РФФИ № 18-05-00479, а также в рамках Госзадания № 0148-2014-0003.

Acknowledgments. This work was supported by the Program for Basic Research of the Department of Earth Sciences RAS no. 12, the Russian Foundation for Basic Research, project no. 18-05-00479, and within Scientific Research Plan of the Institute of Geography (no. 0148-2014-0003).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеевский Н.И., Фролова Н.Л., Христофоров А.В.* Мониторинг гидрологических процессов и повышение безопасности водопользования. М.: Географический факультет МГУ, 2011. 408 с.
2. *Барabanов А.Т.* Агроресомелиорация в почвозащитном земледелии. Волгоград: ВНИАЛМИ, 1993. 156 с.
3. *Барabanов А.Т., Панов В.И.* К вопросу о прогнозе поверхностного стока талых вод в лесостепной и степной зонах // Аридные экосистемы. 2012. Т. 18. № 4 (53). С. 22–27.
4. *Барabanов А.Т., Панов В.И.* Сохранение экологического потенциала Волго-Ахтубинской поймы на основе высокоточного прогноза поверхностного стока талых вод в Волжско-Камском бассейне // Вода: химия и экология. 2014. № 8. С. 17–23.
5. Водные ресурсы и водное хозяйство России в 2015 году. Стат. сб. / под ред. Н.Г. Рыбальского и А.Д. Думнова. М.: НИИ-Природа, 2016. 216 с.
6. Водные ресурсы и водный баланс территории Советского Союза. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1967. 199 с.
7. *Долгов С.В., Коронкевич Н.И.* Гидрологическая ярусность равнинной территории // Изв. РАН. Сер. геогр. 2010. № 1. С. 7–25.
8. *Долгов С.В.* Гидрологические последствия изменений хозяйственной деятельности в Курской области // Изв. РАН. Сер. геогр. 2002. № 5. С. 72–82.
9. *Долгов С.В., Зонн С.В., Коронкевич Н.И., Клюев Н.Н., Сенцова Н.И.* Антропогенная нагрузка на водосборы южной части Европейской России и ее современные тенденции // Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия / отв. ред. Н.И. Коронкевич, И.С. Зайцева. М.: Наука, 2003. С. 137–153.
10. *Дубинина В.Г., Косолапов А.Е., Скачедуб Е.А., Коронкевич Н.И., Чебанов М.С.* Методические подходы к экологическому нормированию безвозвратного изъятия речного стока и установлению экологического стока (попуска) // Водные ресурсы. 2009. № 3. С. 26–60.
11. *Зайцева И.С.* Географические подходы к оценке природных предпосылок гидроэкологических проблем // Географо-гидрологические исследования. М.: Московский центр Географического общества РФ, 1992. С.121–129.
12. *Закруткин В.Е., Коронкевич Н.И., Шишкина Д.Ю., Долгов С.В.* Закономерности антропогенного преобразования малых водосборов степной зоны Юга России (в пределах Ростовской области). Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2004. 252 с.
13. *Коронкевич Н.И.* Водный баланс Русской равнины и его антропогенные изменения. М.: Наука, 1990. 205 с.
14. *Коронкевич Н.И., Закруткин В.Е., Долгов С.В., Зайцева И.С., Подольский А.Д., Шапоренко С.И.* Антропогенные изменения водного компонента окружающей среды в Ростовской области // Изв. РАН. Сер. геогр. 1999. № 6. С. 50–56.
15. *Коронкевич Н.И., Крылова З.А.* Весенний сток со склонов, малых водосборов, речных бассейнов // Водные ресурсы. 1973. № 3. С. 93–108.
16. Научно-популярная энциклопедия “Вода России”. URL. [http://water-rf.ru/Регионы России/2539/Волгоградская область](http://water-rf.ru/Регионы_России/2539/Волгоградская_область).
17. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2015 год / отв. редактор Г.М. Черногаева. М.: Росгидромет, 2016. 223 с.
18. *Петелько А.И., Панов В.И.* Характеристика поверхностного стока талых вод с разных угодий за 50 лет // Вестн. АПК Ставрополя. 2014. № 4 (16). С. 155–162.
19. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество. Водный кадастр Российской Федерации. Ежегодное издание. 1987–2014 гг.
20. Россия и ее регионы: внешние и внутренние экологические угрозы / под ред. Н.Н. Клюева. М.: Наука, 2001. 216 с.
21. *Сперанская Н.А.* Потенциально возможное и видимое испарение и его изменения на Европейской части России за последние 50 лет (по экспериментальным данным) // Водные ресурсы. 2016. Т. 43. № 6. С. 661–672.

Water potential of Volgograd oblast and its modern changes

S. V. Dolgov

*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia**e-mail: svdolgov1978@yandex.ru*

Received May 25, 2017

Accepted March 22, 2018

Methodological approaches to assessing the water potential of the territory, its resource and ecological components, are proposed and tested on the case study of Volgograd oblast. Data are presented on its main elements: local river runoff and inflow of river water from neighboring areas, surface and groundwater resources. The size and structure of its water-resource potential of Volgograd oblast is estimated. The current trends in the influence of water management, agricultural activities and climate on water resources are revealed. A hydroecological assessment of their changes is given. It is shown that the oblast has a significant potential for further use of its water resources, if not to consider the need in irrigation of the neighboring Astrakhan and Rostov oblasts by the Volga and Don waters. Taking into account the low quality of river waters, the water potential of Volgograd oblast can be judged as largely exhausted. The specifics of the current hydroecological situation are characterized.

Keywords: water-resource and water-ecological potentials, surface and groundwater resources, climatic and anthropogenic changes.

REFERENCES

1. Alekseevskii N.I., Frolova N.L., Hristoforov A.V. *Monitoring gidrologicheskikh protsessov i povyshenie bezopasnosti vodopol'zovaniya* [Monitoring of the Hydrological Processes and Improving Water Security]. Moscow: Moscow St. Univ., 2011. 408 p.
2. Barabanov A.T. *Agrolesomeliorsiya v pochvozashchitnom zemledelii* [Agroforestry in Soil-protecting Agriculture]. Volgograd: VNIALMI Publ., 1993. 156 p.
3. Barabanov A.T., Panov V.I. On the issue of the forecast for the surface meltwater runoff in the forest-steppe and steppe zones. *Arid. Ekosist.*, 2012, vol. 18, no. 4 (53), pp. 22–27. (In Russ.).
4. Barabanov A.T., Panov V.I. Preservation of the ecological potential of the Volga-Akhtuba floodplain on the basis of a high-precision forecast of the surface meltwater runoff in the Volga-Kama basin. *Voda: Himiya i Ekologiya*, 2014, no. 8, pp. 17–23. (In Russ.).
5. *Vodnye resursy i vodnoe khozyaistvo Rossii v 2015 godu (Statisticheskii sbornik)* [Water Resources and Water Management of Russia in 2015 (Statistical Handbook)], Rybal'skii N.G., Dumnov A.D., Eds. Moscow: NIA-Priroda Publ., 2016. 216 p.
6. *Vodnye resursy i vodnyi balans territorii Sovetskogo Soyuzza* [Water Resources and Water Balance of the Soviet Union Territory]. Leningrad: Gidrometizdat Publ., 1967. 199 p.
7. Dolgov S.V., Koronkevich N.I. Hydrological stratification of plain territory. *Izv. Ross. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2010, no. 1, pp. 7–25. (In Russ.).
8. Dolgov S.V. Hydrological consequences of changes in economic activity in the Kursk Region. *Izv. Ross. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2002, no. 5, pp. 72–82. (In Russ.).
9. Dolgov S.V., Zonn S.V., Koronkevich N.I., Klyuev N.N., Sentsova N.I. Anthropogenic pressure on the catchments of the southern part of European Russia and its current trends. In *Antropogennyye vozdeystviya na vodnye resursy Rossii i sopredel'nykh gosudarstv v kontse XX stoletiya* [Anthropogenic Impacts on the Water Resources of Russia and the Neighboring Countries at the End of the 20th Century]. Moscow: Nauka Publ., 2003, pp. 137–153. (In Russ.).
10. Dubinina V.G., Kosolapov A.E., Skachedub E.A., Koronkevich N.I., Chebanov M.S. Methodical approaches to the ecological regulation of irretrievable water consumption and ecological runoff (water pass) determination. *Vodn. Resur.*, 2009, no. 3, pp. 26–60. (In Russ.).
11. Zaitseva I.S. Geographical approaches to assessing the natural preconditions of hydroecological problems. In *Geografo-gidrologicheskie issledovaniya* [Geographical and Hydrological Studies]. Moscow: Moscow Center of the Geographical Society of the Russian Federation, 1992. Pp. 121–129. (In Russ.).
12. Zakrutkin V.E., Koronkevich N.I., Shishkina D.Ju., Dolgov S.V. *Zakonomernosti antropogennogo preobrazovaniya malykh vodosborov stepnoi zony Yuga Rossii (v predelakh Rostovskoi oblasti)* [The Patterns of Anthropogenic Transformation of Small Steppe Zone Catchments of the South of Russia (within the Rostov Region)]. Rostov-on-Don: Rost. Univ. Publ., 2004. 252 p.
13. Koronkevich N.I. *Vodnyi balans Russkoi ravniny i ego antropogennyye izmeneniya* [Water Balance of the Russian Plain and its Anthropogenic Changes]. Moscow: Nauka Publ., 1990. 205 p.
14. Koronkevich N.I., Zakrutkin V.E., Dolgov S.V., Zaitseva I.S., Podolsky A.D., Shaporenko S.I. Anthropogenic changes in the water component of the environment in the Rostov Region. *Izv. Ross. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 1999, no. 6, pp. 50–56. (In Russ.).
15. Koronkevich N.I., Krylova Z.A. Spring runoff from slopes, small catchments, river basins. *Vodn. Resur.*, 1973, no. 3, pp. 93–108. (In Russ.).
16. *Nauchno-populyarnaya entsiklopediya «Voda Rossii»* [Popular Science Encyclopedia “Water of Russia”]. Available at: http://water-rf.ru/РегионыРоссии/2539/Волгоградская_область (accessed 12.05.2018).
17. *Obzor sostoyaniya i zagryazneniya okruzhayushchei sredy v Rossiiskoi Federatsii za 2015 god* [Overview of the State and Pollution of the Environment in the Russian Federation for 2015]. Chernogaeva G.M., Ed. Moscow: Rosgidromet Publ., 2016. 223 p.
18. Petel'ko A.I., Panov V.I. Characteristics of the surface meltwater runoff from different lands for 50 years. *Vestn. APK Stavropol'ya*, 2014, no. 4(16), pp. 155–162. (In Russ.).
19. *Resursy poverkhnostnykh i podzemnykh vod, ikh ispol'zovanie i kachestvo. Vodnyi kadastr Rossiiskoi Federatsii. Ezhegodnoe izdanie* [Surface and Groundwater Resources, their Use and Quality. Water Cadastre of the Russian Federation. Yearly Edition]. 1987–2014.
20. *Rossiya i ee regiony: Vneshnie i vnutrennie ekologicheskie ugrozy* [Russia and its Regions: External and Internal Environmental Threats], Klyuev N.N., Ed. Moscow: Nauka Publ., 2001. 216 p.
21. Speranskaya N.A. Potentially possible and visible evaporation and its changes in the European part of Russia over the past 50 years (according to experimental data). *Vodn. Resur.*, 2016, vol. 43, no. 6, pp. 661–672. (In Russ.).