

Статья оригинальная

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-1-91-98>

УДК 627.5 (569.1)



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В БАССЕЙНЕ РЕКИ БАРАДА

И.В. Глазунова^{1✉}, Кабтул Хала², С.Н. Редников¹, С.А. Соколова¹

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева,

Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова; 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, Россия

² Сирия, Дамаск, Маззех, ул. Алмансур Дамасский университет, Факультет естественных наук

Аннотация. Цель исследований заключалась в изучении современных проблем водопользования для бассейна реки Барада (Сирия) на основе анализа гидрологических характеристик естественных водных ресурсов и составлении прогнозов использования водных ресурсов на перспективу. Для решения поставленной цели использовались методы построения теоретической кривой обеспеченности на основе средних многолетних данных стока реки Барада в Сирии, а также прогнозный метод на основе ретроспективных данных и балансовый метод по оценке водохозяйственной ситуации и лимитирующего периода по водности реки в течение года. Оценка условий использования воды и периодов водности выполнена для лет 90%-ной обеспеченности по стоку реки для сельского хозяйства на базе орошения и для лет 75%-ной обеспеченности по стоку реки для остальных отраслевых водопользователей. Выполнена оценка водных ресурсов и проведен анализ особенностей использования вод реки Барада с учетом местных условий. В водохозяйственных балансах учтены диффузные стоки с территорий. Выполнены оценки загрязненности речного стока по классу качества воды. Даны рекомендации по восстановлению качества воды в реке для разных лет по водности. В составе рекомендаций учтено использование сорбентмелиорантов для очистки диффузного и дренажного стока с эффективностью до 90%.

Ключевые слова: речной бассейн, гидрологические характеристики, сток реки, водные ресурсы, водопользование, водохозяйственные балансы, прогнозы, загрязнение воды, водохозяйственные мероприятия, диффузный сток, сорбенты

Формат цитирования: Глазунова И.В., Кабтул Хала, Редников С.Н., Соколова С.А. Использование водных ресурсов в бассейне реки Барада // Природообустройство. 2024. № 1. С. 91-98. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-1-91-98>

Original article

USE OF WATER RESOURCES IN THE BARADA BASIN

I.V. Glazunova^{1✉}, Kabtoul Hala², S.N. Rednikov¹, S.A. Sokolova¹

¹ Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev; 127434, ul. Timiryazevskaya, 49, korp. 28.

² Siria, Damascus, Mazeh, Almansur St. Damascus University Faculty of Natural Sciences

Abstract. The purpose of the research is to study the current problems of water use for the Barada River basin (Syria) based on the analysis of the hydrological characteristics of natural water resources and making forecasts of the use of water resources for the future. To achieve this goal, methods are used to construct a theoretical supply curve based on average long-term data on the flow of the Barada River in Syria, as well as a predictive method based on retrospective data and a balance method for assessing the water management situation and the limiting period for the water content of the river during the year. The assessment of water use conditions and water availability periods was carried out for years of 90% availability of river flow for agriculture based on irrigation and for years of 75% availability of river flow for other industrial water users. The assessment of water resources and the analysis of the peculiarities of the use of the waters of the Barada River, taking into account local conditions, were carried out. Diffuse flows from territories are taken into account in water management balances. The pollution of river runoff by water quality class was also assessed. Recommendations are given for restoring the water quality in the river for different years in terms of water content. The recommendations take into account the use of sorbent meliorants for cleaning diffuse and drainage runoff with an efficiency of up to 90%.

Keywords: river basin, hydrological characteristics, river flow, water resources, water use, water management balances, forecasts, water pollution, water management measures, diffuse effluent, sorbents

Format of citation: Glazunova I.V., Kabtul Khala., Rednikov S.N., Sokolova S.A. Use of water resources in the Barada river basin // Prirodooobstroystvo. 2024. No 1. P. 91-98. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-1-91-98>

Введение. Длина реки Барада составляет 65 км, площадь речного бассейна – 8630 км². Река играет важную роль в районе города Дамаск. Река Барада берет начало в середине равнины Забедани (до того, как в нее впадает Аль-Фижех со средним расходом 7,71 м³/с. Река течет на юг в илистом русле с наносами, русло реки довольно узкое, ширина его изменяется от 5 до 10 м при смене направления течения на основательной и неширокой равнине, именуемой равниной Барада [1]. По направлению течения в нее впадает основной приток Аль-Фижех. Это полноводная река, которая, впадая в реку Барада, приносит до 50% общего объема речного стока, и еще больше – в сезон половодий. Река Барада течет через г. Дамаск. Из Барады забирают воду многие ирригационные каналы, подающие ее на сельскохозяйственные земли в равнинной области, которая называется «Дамасская Готта» [2].

Река Барада впадает в озеро Атейбе. Среднегодовой расход воды в реке составляет 3,1 м³/с, а после выхода ее из горного района – 14 м³/с (рис. 1).

Бассейн реки Барада является одним из речных бассейнов, в котором имеются проблемы водных ресурсов. При этом на территории бассейна реки проживает население в самом большом количестве. Высокая плотность населения при сопоставлении с другими речными бассейнами в Сирии (почти 23% от общего

количества населения Сирии, плотность населения – 670 чел/км²), привела и еще приведет к увеличению потребления воды всеми отраслевыми водопользователями. С другой стороны, речной бассейн является замкнутой территорией с большими перепадами температуры и количества осадков между восточной и западной частями бассейна, а повторяющиеся сезоны засухи лишь усиливают давление на его водные ресурсы [3].

Цель исследований: изучение современных проблем водопользования для бассейна реки Барада (Сирия) на основе анализа гидрологических характеристик естественных водных ресурсов и составление прогнозов использования водных ресурсов на перспективу.

Материалы и методы исследований. Для достижения поставленной цели используются методы построения теоретической кривой обеспеченности на основе средних многолетних данных стока реки Барада (рис. 2).

Для составления прогноза в использовании водных ресурсов реки Барада применялся ретроспективный метод. По данным 2000 г., численность населения на территории речного бассейна реки Барада составляла 1,9 млн чел., то есть 21% от населения Сирии. В 2010 г., по данным переписи, население бассейна выросло до 4,4 млн чел. [4]. Темпы прироста населения по провинциям представлены на рисунке 3.

По данным вышеприведенных источников был составлен прогноз роста численности населения на территории речного бассейна реки Барада с тенденцией 6,3% в год. На основе этого прогноза развития и восстановления орошаемых сельскохозяйственных угодий в Сирии, а также

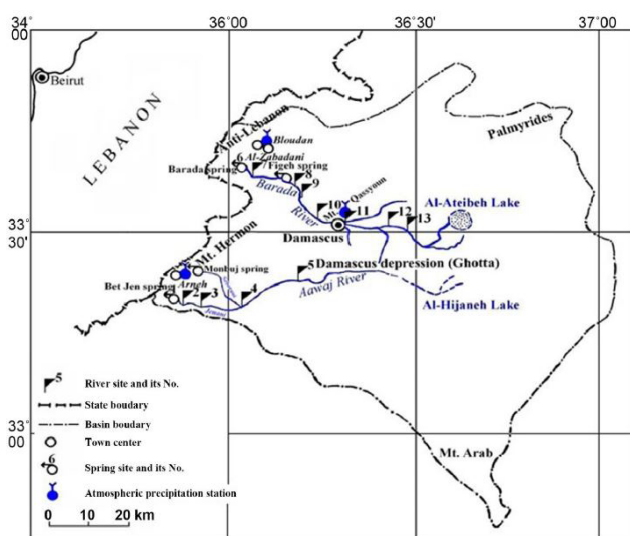


Рис. 1. Карта-схема бассейна реки Барада
Fig. 1. Map-scheme of the Barada River basin

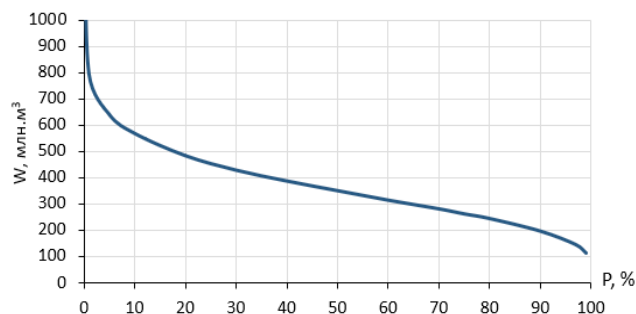


Рис. 2. Кривая обеспеченности речного стока для створа Дамасская Гота
Fig. 2. River flow availability curve for the Damascus Gotha alignment

промышленных производств выполнены кратко-срочные прогнозы для отраслевых водопользователей до 2025 г.

В целях анализа водохозяйственной ситуации в целом для речного бассейна использовался метод водохозяйственных балансов как один из наиболее современных в то же время, опробованных подходов к планированию комплексного водопользования и охраны водных объектов, на основе которого выполняется обоснование необходимости и последовательности проведения водохозяйственных и водоохраных мероприятий [5, 6].

Природоохранный попуск для реки Барада был назначен по методу 10%. Водозабор из подземных вод определен расчетом для гидравлически не связанных с рекой водоносных горизонтов.

При проведении исследований были произведены расчеты объемов водопотребления и водоотведения для всех участников водопользования и оценки имеющихся на территории речного бассейна водных ресурсов по количеству, режиму и качеству. Выполнены сравнительные оценки потребности в воде и возможности ее удовлетворения на базе собственных водных ресурсов. Исследования и расчеты проведены для всего речного бассейна и для подбассейнов реки, а также на уровне водохозяйственных участков для лет 90%- и 75%-ной обеспеченности по речному стоку. В оценках учтена неравномерность распределения стока реки Барада в различные периоды, режима водопотребления в орошаемом земледелии для условий рассматриваемого региона при составлении водохозяйственных балансов

по месяцам года, а также определен лимитирующий период с оценкой его водности.

Уравнение водохозяйственного баланса имеет вид:

$$ВХБ = W_P + W_{п.в.} + \sum W_{ввi} - \sum W_i - W_{поп.} - \alpha \cdot W_{п.в.}, \quad (1)$$

где W_P – объем стока реки; $W_{п.в.}$ – объем водозабора из подземных вод; $\sum W_{ввi}$ – объем возвратных вод i -го участника ВХБ; W_i – объем водопотребления i -м участком ВХБ; $W_{поп.}$ – объем расчетных попусков на нижележащий участок реки; α – коэффициент гидравлической связи речных и подземных вод; $\alpha \cdot W_{п.в.}$ – ущерб, нанесенный речному стоку от использования подземных вод [6, 7].

Оценки качества речной воды производились с использованием стандартной методики по коэффициенту предельной загрязненности:

$$K_{пз} = \frac{(\sum W_{пз} + \sum W_{вв})}{W_P + W_{п.в.} + \sum W_{ввi} - \sum W_i - \alpha \cdot W_{пв}} - 1. \quad (2)$$

Градации качества воды по величине коэффициента предельной загрязненности представлена в таблице 1.

Результаты и их обсуждение. Расчеты годовых водохозяйственных балансов проведены и изложены в табличной форме (табл. 2, 3).

При проведении анализа составляющих водохозяйственных балансов выявлено отсутствие дефицита воды в расчетные годы обеспеченности по стоку реки для прогнозного 2025 г., отсутствие необходимости переброски стока на выбранных водохозяйственных участках. При водохозяйственных расчетах подтверждено происходящее загрязнение реки сточными водами участников отраслевого водопользования в прогнозном варианте. Качество воды в реке соответствует уровню

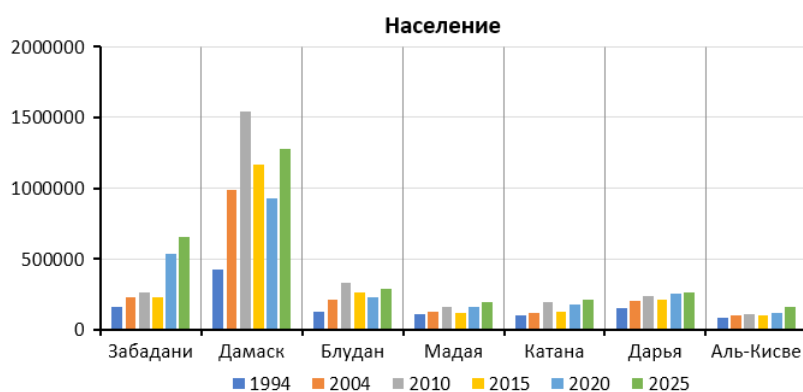


Рис. 3. Темпы прироста численности населения

Fig. 3. Population growth rate

Таблица 1. Классы качества воды в реке по коэффициенту предельной загрязненности

Table 1. Water quality classes in the river by maximum pollution coefficient

$K_{ПЗр} / C_{гр}$	$\leq 0,8$	$0,8-0,0$	$0,0-1$	$1-3$	$3-5$	>5
Класс качества	Очень чистая	Чистая	Умеренно грязная	Загрязненная	Грязная	Очень грязная
Class of quality	Very clean	Clean	Moderately dirty	Contaminated	Dirty	Very dirty

Таблица 2. Перспективный годовой ВХБ на 2025 год с водохозяйственными мероприятиями (ВХМ) для года 75% обеспеченности
Table 2. Prospective annual WMB for 2025 with water management measures (WMM) for the year of 75% availability

Статьи ВХБ WMB items	Показатели / Indicators				
	P = 75%				
	б/м	1 ВХМ WMM	2 ВХМ WMM	3 ВХМ WMM	4 ВХМ WMM
Приходная часть / Inflow part					
Сток реки W_p / River flow W_r	261,26	261,26	261,26	261,26	261,26
$W_{п.в.}$ / $W_{i.p.}$	38,364	38,364	38,364	38,364	38,364
Возвратные воды / Return water					
Город + диффузные стоки / Town + diffuse effluents	33,74	33,74	33,74	33,74	33,74
Село + диффузные стоки / Village + diffuse effluents	8,52	8,52	8,52	8,52	8,52
Промышленность / Industry	1,02	0	0	0	0
Животноводство / Animal husbandry	5,14	5,14	0	0	0
Орошение / Irrigation	2,08	2,08	1,4144	1,4144	1,4144
Итого $\sum W_{вв}$ / Total $\sum W_{rw}$	50,5	49,48	43,6744	43,6744	43,6744
Итого приход / Total inflow	350,124	349,104	343,2984	343,2984	343,2984
Расходная часть / Consumption part					
Водопотребление / Water consumption					
Город / Town	42,17	42,17	42,17	42,17	42,17
Село / Village	12,17	12,17	12,17	12,17	12,17
Промышленность / Industry	20,31	19,29	19,29	19,29	19,29
Животноводство / Animal husbandry	7,34	7,34	7,34	7,34	7,34
Орошение / Irrigation	20,84	20,84	10,676	10,676	10,676
Итого $\sum W$ / Total	102,83	101,81	91,646	91,646	91,646
1. Попуски $W_{поп.}$ / Drawdown W_d	209,01	209,01	209,01	209,01	209,01
Итого расход / Total outflow	311,84	310,82	300,65	300,65	300,65
ВХБ без учета качества / WMB without taking quality into account	38,29	38,29	42,64	42,64	42,64
III. Учет качества сточных вод / III Wastewater quality accounting					
Город + диффузные стоки / Town + diffuse effluents	506,1	506,1	506,1	0	0
Село + диффузные стоки / Village + diffuse effluents	68,16	68,16	68,16	68,16	0
Промышленность / Industry	25,5	0	0	0	0
Животноводство / Animal husbandry	4,11	4,11	0	0	0
Орошение / Irrigation	6,24	6,24	4,2432	4,2432	0
Итого $\sum W_{пз}$ / Total $\sum W_{mp}$	610,11	584,61	578,5032	72,4032	0
ВХБ с учетом качества / WMB with taking quality into account	-571,82	-546,32	-535,86	-29,76	42,64
Кпз / C_{mp}	1,67	1,56	1,47	-0,54	-0,83

«Загрязненная» для прогнозного сценария развития без принятия мер по снижению загрязняющей нагрузки на реку.

Исходя из местных условий рекомендованы водохозяйственные мероприятия (ВХМ) по каждому из отраслевых водопользователей:

1 ВХМ – введение оборотных систем водоснабжения на заводах по производству мрамора.

2 ВХМ – повторное использование животноводческих стоков мелкого рогатого скота для орошения технических культур. Внутрисистемная очистка и повторное использование части дренажного стока для целей нерегулярного орошения. Меры по оптимизации использования оросительной воды.

3 ВХМ – модернизация существующих очистных сооружений и строительство новых очистных сооружений в г. Дамаске и городских населенных пунктах в его окрестностях к 2025 г.

4 ВХМ – закрытие несанкционированных свалок на берегах реки, использование сорбентов и сооружений по сбору и отводу поверхностного стока с загрязненных земель по типу поглотителей поверхностных вод, рекультивация загрязненных земель в прибрежной зоне реки.

Для оценки качества речной воды рассчитывались коэффициенты предельной загрязненности речного стока КПЗ, которые характеризуют усредненную по рассматриваемым загрязняющим веществам кратность превышения ПДК.

Анализ эффективности водохозяйственных мероприятий по коэффициенту предельной загрязненности представлен на рисунке 4.

Результаты анализа изменения коэффициентов предельной загрязненности показали, что с учетом рекомендованных водохозяйственных и водоохраных мероприятий класс качества воды в реке стал соответствовать категории «чистая».

Наибольшую эффективность показали третье и четвертое водохозяйственные мероприятия. По результатам прогнозных расчетов рекомендованные мероприятия обеспечивают качество воды в реке Барада до категории «чистая вода».

Для определения лимитирующего периода в течение года и оценки его водности составлены

водохозяйственные балансы по месяцам года 90%-ной обеспеченности с учетом режимов орошения [6-9] в регионе (табл. 4).

Как следует из данных таблицы, с учетом рекомендованных водохозяйственных мероприятий балансы по месяцам года для реки Барада являются положительными, то есть не требуется регулирование стока реки во времени. Наиболее нагруженным по интенсивности использования воды является период с июня по октябрь, хотя в октябре и ноябре в регионе орошение не осуществляется. Качество воды в реке с учетом рекомендованных мероприятий относится к категории «Чистая» во все месяцы года.

Поскольку водность реки обеспечивает всех участников отраслевого водопользования

Таблица 3. Перспективный годовой ВХБ на 2025 год с водохозяйственными мероприятиями (ВХМ) для года 90% обеспеченности
Table 3. Prospective annual WMB for 2025 with water management measures (WMM) for the year of 90% availability

Статьи ВХБ WMB items	Показатели / Indicators				
	P = 90%				
	б/м	1 ВХМ WMM	2 ВХМ WMM	3 ВХМ WMM	4 ВХМ WMM
Приходная часть / Inflow part					
Сток реки W_p / River flows W_r	195,58	195,58	195,58	195,58	195,58
Вп.в. / $W_i.p.$	38,364	38,364	38,364	38,364	38,364
Возвратные воды / Return water					
Город + диффузные стоки / Town + diffuse effluents	33,74	33,74	33,74	33,74	33,74
Село + диффузные стоки / Village + diffuse effluents	8,52	8,52	8,52	8,52	8,52
Промышленность / Industry	1,02	0	0	0	0
Животноводство / Animal husbandry	5,14	5,14	0	0	0
Орошение / Irrigation	2,08	2,08	1,41	1,41	1,41
Итого $\sum W_{вв}$ / Total $\sum W_{rw}$	50,5	49,48	43,67	43,67	43,67
Итого приход / Total inflow	284,444	283,424	277,62	277,62	277,62
Расходная часть / Consumption part					
1. Водопотребление / Water consumption					
Город / Town	42,17	42,17	42,17	42,17	42,17
Село / Villagw	12,17	12,17	12,17	12,17	12,17
Промышленность / Industry	20,31	19,29	19,29	19,29	19,29
Животноводство / Animal husbandry	7,34	7,34	7,34	7,34	7,34
Орошение / Irrigation	20,84	20,84	10,676	10,676	10,676
Итого $\sum W$ / Total	102,83	101,81	91,646	91,646	91,646
2. Попуски $W_{поп.}$ / Drawdown W_d	166,24	166,24	166,24	166,24	166,24
Итого расход / Total consumption	269,07	268,05	257,89	257,89	257,89
ВХБ без учета качества / WMB without taking quality into account	15,37	15,37	19,73	19,73	19,73
III. Учет качества сточных вод / III Wastewater quality accounting					
Город + диффузные стоки / Town + diffuse effluents	506,1	506,1	506,1	0	0
Село + диффузные стоки / Village + diffuse effluents	68,16	68,16	68,16	68,16	0
Промышленность / Industry	25,5	0	0	0	0
Животноводство / Animal husbandry	4,11	4,11	0	0	0
Орошение / Irrigation	6,24	6,24	4,24	4,24	0
Итого $\sum W_{пз}$ / Total $\sum W_{mp}$	610,11	584,61	578,50	72,40	0
ВХБ с учетом качества / WMB with taking quality into account	-594,74	-569,24	-558,77	-52,67	19,73
Кпз / C_{mp}	2,64	2,49	2,35	-0,38	-0,77

водными ресурсами, основной проблемой является снижение загрязняющей нагрузки на реку Барада. В настоящее время при сильном удорожании материалов и работ актуальным стало направление создания локальных очистных сооружений, которые являются недорогими, но имеют достаточную эффективность – до 90% [10-12]. В результате изучения положительного влияния

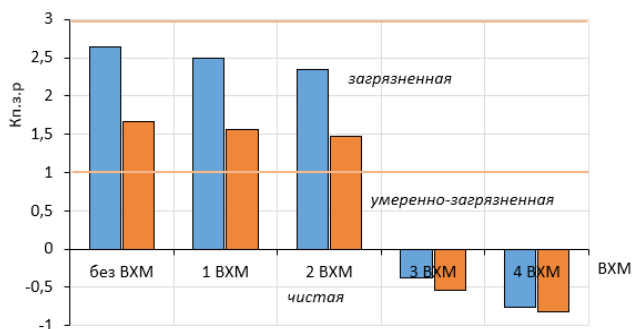


Рис. 4. Анализ эффективности водохозяйственных мероприятий по коэффициенту предельной загрязненности
Fig. 4. Analysis of the efficiency of water management measures by the coefficient of marginal pollution

и высокой эффективности сорбентмелиоранта СОРБЕКС [10, 11] при очистке почв и диффузных стоков рекомендуется его использование для очистки дренажных и сбросных вод в случае устройства локальных очистных сооружений на водосборе реки Барада с целью детоксикации грунта и предупреждения загрязнения почвы тяжелыми металлами на территории прибрежных зон реки. Выполнен расчет по сорбционной способности, по результатам которого гранулированный сорбентмелиорант рекомендуется отсыпать на спланированную поверхность земель бывших свалок в прибрежной зоне слоем 3...5 см с целью создания сорбционного экрана. На 1 га площади требуется около 20 т сорбентмелиоранта. Ориентировочная стоимость его составляет 860 тыс. сирийских фунтов за 1 т, на слой Сорбэкса рекомендуется отсыпать почвенную смесь слоем 20 см.

Дальнейшие исследования связаны с изучением гидравлических характеристик сорбентов и их использования в локальных сооружениях на водосборе реки для обеспечения качества воды в реке Барада.

Таблица 4. Оценка лимитирующего периода водности реки Барада

Table 4. Assessment of the limiting period of water content of the Barada River

Параметры Parameters	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	год
I. Приходная часть / Inflow part													
Wст / Wst.	72,71	22,54	18,78	5,82	5,09	3,91	3,91	3,91	9,45	9,45	18,90	21,08	195,55
Wп.в. / Wi.p.	1,889	1,889	1,889	5,029	5,029	5,029	5,029	5,029	1,889	1,889	1,889	1,889	38,364
Wвв.равн. / Wr.w.eq.	3,522	3,522	3,522	3,522	3,522	3,522	3,522	3,522	3,522	3,522	3,522	3,522	42,26
Wвв.ор. / Wr.w.ir.	0	0	0	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283	0	0	0	0	1,414
Итого приход Total inflow	78,12	27,95	24,19	14,65	13,92	12,74	12,74	12,74	14,86	14,86	24,31	26,50	277,59
II. Расходная часть / Consumption part													
Wравн. / Weq	6,748	6,748	6,748	6,748	6,748	6,748	6,748	6,748	6,748	6,748	6,748	6,748	80,97
Wор. / Wir	0	0	0	2,135	2,135	2,135	2,135	2,135	0	0	0	0	10,676
Wпоп. / Wd	61,80	19,16	15,96	4,94	4,33	3,32	3,32	3,32	8,03	8,03	16,07	17,92	166,22
Итого расход Total consumption	68,55	25,91	22,71	13,83	13,21	12,21	12,21	12,21	14,78	14,78	22,82	24,67	257,86
ВХБ с уч.кач. WMB with regarding quality	9,57	2,04	1,48	0,82	0,71	0,54	0,54	0,54	0,08	0,08	1,50	1,83	19,72
Кп.з. / Cmp	-0,95	-0,83	-0,80	-0,34	-0,25	-0,01	-0,01	-0,01	-0,57	-0,57	-0,80	-0,82	-0,77

Выводы

Выполнена оценка водных ресурсов и проведен анализ особенностей использования вод реки Барада с учетом местных условий. Составлен прогноз изменения численности населения для бассейна реки Барада до 2025 г. с приростом населения 6,3% в год по данным ретроспективных лет. В соответствии с демографическим прогнозом предусмотрено увеличение водопотребления для различных отраслей экономики

региона. Рост народонаселения на территории речного бассейна, восстановление и дальнейшее развитие промышленных предприятий, оросительных систем по прогнозам приведут к увеличению количества образующихся бытовых и промышленных сточных вод, а также диффузных стоков с загрязненных территорий. Неправильный сбор, отвод, несвоевременное удаление и неудовлетворительная очистка сточных вод и диффузных стоков ухудшат качество воды

в реке и нанесут экологический ущерб окружающей среде.

Для решения вышеперечисленных проблем выполнен анализ гидрологических характеристик реки, построена теоретическая кривая обеспеченности на основе средних многолетних данных стока реки Барада в Сирии, составлены водохозяйственные балансы по оценке водохозяйственной ситуации и лимитирующего периода по водности реки в течение года. Оценка условий использования воды и периодов водности выполнена для лет 90%-ной обеспеченности по стоку реки для сельского хозяйства на базе орошения и для лет 75%-ной обеспеченности по стоку реки для остальных отраслевых водопользователей. Также выполнены оценки загрязненности речного стока по классу качества воды.

Даны рекомендации по восстановлению качества воды в реке для разных по водности лет. При проведении водохозяйственного анализа выявлены основные причины дефицита

воды нормативного качества и загрязнения реки, а именно: плохо очищаемые сточные воды; дренажный сток с орошаемых земель; загрязненные диффузные стоки с территорий свалок. Исходя из этого рекомендован комплекс водохозяйственных и водоохраных мероприятий, направленных на улучшение качества воды в реке. По прогнозным расчетам, они должны снизить загрязняющую нагрузку на реку со стороны всех участников отраслевого водопользования.

При составлении водохозяйственных балансов по месяцам года не выявлена необходимость регулирования стока во времени. Поскольку диффузные стоки с территорий составляют до 30% загрязняющей нагрузки на реку в общей структуре загрязняющей нагрузки, в рекомендациях учтено использование сорбентмелиорантов для очистки диффузного и дренажного стока с эффективностью до 90%. Исследования гидравлических и сорбционных параметров сорбентов продолжаются в настоящее время.

Список использованных источников

1. **Adriana H.G., Nord T.** Hydrogeology and geochemical characteristics of groundwater in a typical small-scale agricultural area of Syria // *Journal of Asia, Earth Sciences, Syria*. 2007. № 29. Pp. 18-28
2. **Арраф Фирас.** Причины снижения водного баланса в водосборном бассейне Барада Авадж (Дамаск) до восстания в Сирии // *Открытый журнал современной гидрологии*. 2019. № 9. С. 143-160. 10.4236/ojmh.2019.94008.
3. **Arraf, Firas.** Causes of Decreasing Water Balances in the Barada Awaj (Damascus) Drainage Basin until the Uprising in Syria // *Open Journal of Modern Hydrology*. 2019. V. 09. № 4 – pp. 143-160.
4. **Кабтул Х.** Анализ состояния водных ресурсов и их использования для реки Барада в Сирии // *Молодежь и системная модернизация страны: Сборник научных статей 7-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых: В 5 т. Т. 3. Курск, 19-20 мая 2022 г. / Отв. ред. М.С. Разумов. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. С. 87-91.*
5. Государственное министерство по вопросам окружающей среды Сирийской Арабской Республики. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/12504>.
6. **Раткович Л.Д.** Водохозяйственная система с территориально-временным регулированием стока: учебное пособие / Глазунова И.В., Соколова С.А., Маркин В.Н. М.: РГАУ-МСХА, 2020. 70 с. EDN: LKHNAУ.
7. **Маркин В.Н.** Особенности методологии комплексного водопользования: монография / В.Н. Маркин, Л.Д. Раткович, И.В. Глазунова. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2016. 140 с. – ISBN978-5-9675-1436-4. – EDN YPASBL
8. **Кирейчева Л.В.** Основные направления снижения антропогенной нагрузки на водные объекты за счет уменьшения сброса дренажных вод с мелиорируемых территорий // *Природообустройство*. 2015. № 5. С. 64-69.

References

1. **Adriana H.G., Nord T.** Hydrogeology and geochemical characteristics of groundwater in a typical small-scale agricultural area of Syria. *Journal of Asia, Earth Sciences, Syria*, 29, 2007, 18-28.
2. **Arraf, Firas.** (2019). Causes of Decreasing Water Balances in the Barada Awaj (Damascus) Drainage Basin until the Uprising in Syria. *Open Journal of Modern Hydrology*. 09. 143-160. 10.4236/ojmh.2019.94008;
3. **Arraf, Firas.** (2019). Causes of Decreasing Water Balances in the Barada Awaj (Damascus) Drainage Basin until the Uprising in Syria. *Open Journal of Modern Hydrology*. 09. 143-160. 10.4236/ojmh.2019.94008
4. **Kabtul Kh.** Analysis of the state of water resources and their use for the Barada River in Syria // *Youth and system modernization of the country: Collection of scientific articles of the 7th International scientific conference of students and young scientists. In 5 volumes, Kursk, May 19-20, 2022. Executive editor M.S. Razumov/ Volume 3. Kursk: South-West State University, 2022, P. 87-91.*
5. State Ministry for environmental affairs of the Syrian Arab Republic [Elektronik resource]. – Access mode: <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/12504>;
6. **Ratkovich L.D.** Water management system with territorial-temporal regulation of flow: textbook / Glazunova I.V., Sokolova S.A., Markin V.N. Moscow: RSAU-MAA. 2020. 70 p. EDN: LKHNAУ.
7. **Markin V.N.** Features of the methodology of complex water use / Markin V.N., Ratkovich L.D., Glazunova I.V. Moscow: RGAU-MSHA named after C.A. Timiryazev, 2016. 140 p. – ISBN978-5-9675-1436-4. – EDN YPASBL.
8. **Kireycheva L.V.** Main directions for reducing the anthropogenic load on water objects due to the reduction of drainage water discharge from reclaimed territories // *Prirodobustroystvo*. 2015. № 5. P. 64-69.
9. **Kireycheva L.V., Glazunova I.V.** Ecologically safe resources. Technical solutions for drainage and waste water treatment // *Water Magazine*. 2008. No 4. P. 44-47.

9. **Кирейчева Л.В., Глазунова И.В.** Экологически безопасные ресурсы. Технические решения очистки дренажно-сбросных вод // Вода Magazine. 2008. № 4. С. 44-47.

10. Принципы моделирования мелиоративного режима при комплексных мелиорациях: Отчет по теме 12.03.01 «Разработать совокупность принципов, методов, средств и форм управления режимами комплексных мелиораций земель для различных природных комплексов» / Л.В. Кирейчева, В.М. Яшин, И.В. Глазунова [и др.]. М.: РАСХН, 2001. 67 с.

11. **Karpenko N.P., Glazunova I.V., Egemberdiev D.K.** Biomeliiorant for the restoration of saline and degraded soils in the arid zone // International scientific and practical conference «Ensuring sustainable development: agriculture, ecology and earth science» (AEES2021). London, Virtual, 27-29 октября 2021 г. Vol. 1010. London: IOP Publishing Ltd, 2022. P. 012044. DOI: 10.1088/1755-1315/1010/1/012044. EDN: DAIUET.

12. **Стрельбицкая Е.Б., Соломина А.П.** Сорбционно-фильтрующие сооружения в технологиях очистки дренажного стока гидромелиоративных систем Нечерноземной зоны Российской Федерации // Природообустройство. 2020. № 4. С. 28-36. DOI: 10.26897/1997-6011/2020-4-28-36.

13. **Заичкина М.А.** Очистка сточных вод с использованием сорбентов на основе детоксикации почвы содержащие тяжелые металлы / М.А. Заичкина, М.А. Денисова // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 135-летию со дня рождения А.Н. Костякова: сборник статей, Москва, 06-08 июня 2022 года. Том 1. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. С. 60-64. – EDN ZNWEEU. <https://elibrary.ru/item.asp?id=49732471>

Об авторах

Ирина Викторовна Глазунова, канд. техн. наук, доцент кафедры гидравлики, гидрологии и управления водными ресурсами; ORCID 0000-0003-4931-2008, SCOPUS: 57500684900; ivglazunova@mail.ru

Кабтул Хала, аспирант кафедры гидравлики, гидрологии и управления водными ресурсами; halak93@gmail.com

Сергей Николаевич Редников, д-р техн. наук, доцент кафедры гидравлики, гидрологии и управления водными ресурсами; ORCID: 0000-0003-3435-7166; SCOPUS: 57170810400; srednikov@mail.ru

Светлана Анатольевна Соколова, канд. техн. наук, доцент кафедры гидравлики, гидрологии и управления водными ресурсами; ORCID: 0000-0003-3997-6994; SCOPUS: 57218659380; sokolovasvetlava@mail.ru

Author information

Irina V. Glazunova, candidate of technical sciences, associate professor of the department of hydraulics, hydrology and management of water resources; ORCID 0000-0003-4931-2008; ivglazunova@mail.ru

Kabtoul Hala, postgraduate student of the department of hydraulics, hydrology and management of water resources; Leader ID 2715800; ORCID: 0000-0003-1549-8449; halak93@gmail.com

Sergey N. Rednikov, doctor of technical sciences, associate professor of the department of hydraulics, hydrology and management of water resources; Leader 4328126; ORCID: 0000-0003-3435-7166; SCOPUS: 57170810400; srednikov@mail.ru

Svetlana A. Sokolova, candidate of technical sciences, associate professor of the department of hydraulics, hydrology and management of water resources; Leader ID 2715112; ORCID: 0000-0003-3997-6994; SCOPUS: 57218659380; sokolovasvetlana@mail.ru

Критерии авторства / Criteria of authorship

Глазунова И.В., Кабтул Хала., Редников С.Н., Соколова С.А. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors state that there are no conflicts of interests

Вклад авторов / Authors' contributions

Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации. / All authors made an equal contribution to the preparation of the publication

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 13.07.2023

Поступила после рецензирования / Received after peer review 18.12.2023

Принята к публикации / Accepted for publication 18.12.2023

Irina V. Glazunova, Kabtoul Hala, Sergey N. Rednikov, Svetlana A. Sokolova carried out theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript, they have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.