

*Водные биоресурсы и среда обитания*  
 2022, том 5, номер 4, с. 35–51  
<http://journal.azniirkh.ru>, [www.azniirkh.ru](http://www.azniirkh.ru)  
 doi: 10.47921/2619-1024\_2022\_5\_4\_35  
 ISSN 2618-8147 print, ISSN 2619-1024 online



*Aquatic Bioresources & Environment*  
 2022, vol. 5, no. 4, pp. 35–51  
<http://journal.azniirkh.ru>, [www.azniirkh.ru](http://www.azniirkh.ru)  
 doi: 10.47921/2619-1024\_2022\_5\_4\_35  
 ISSN 2618-8147 print, ISSN 2619-1024 online

УДК 639.2.053:595.384.16(470.61)

## СОСТОЯНИЕ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ И СРЕДЫ ОБИТАНИЯ РАКОВ В БАССЕЙНЕ Р. САЛ

© 2022 Е. М. Саенко, С. В. Жукова, Ю. В. Косенко, И. В. Кораблина, А. В. Трушков,  
 А. О. Марченко, В. А. Валиуллин, О. А. Зинчук, Ю. Э. Карпушина, Е. А. Тарадина,  
 Д. С. Бурлачко, Л. А. Лутынская, Т. И. Подмарева

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),  
 Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону 344002, Россия  
 E-mail: saenko\_e\_m@azniirkh.ru*

**Аннотация.** Раки являются традиционным объектом промысла в бассейне р. Сал в границах Ростовской области. Климатические изменения, обуславливающие нестабильные гидрологические условия, и активная хозяйственная деятельность оказывают существенное влияние на водные биоресурсы. Целью работы стало изучение состояния водных объектов и промысловых биоресурсов (раки) в водоемах бассейна р. Сал с учетом антропогенного воздействия и климатических изменений. Проведен ретроспективный анализ гидрологического режима бассейна р. Сал с 1937 г., условий среды обитания и состояния популяции раков (2012–2021 гг.), а также их кормовой базы (2000–2013 гг.) под влиянием антропогенного воздействия и климатических изменений. Установлено, что гидрологический режим вододефицитного бассейна р. Сал с середины 1970-х гг. характеризуется снижением стока весеннего половодья и увеличением стока зимней и летне-осенней межени в связи с повышением температуры воздуха в холодный период года. Вследствие снижения водности бассейна р. Сал уменьшились русловые запасы водотоков, увеличилось содержание в воде сульфатов и хлоридов и повысилась общая минерализация воды со сменой типа вод с гидрокарбонатного на сульфатный. Данные изменения концентраций и соотношения солеобразующих ионов обусловлены также снижением атмосферных осадков и увеличением роли грунтовых и подземных вод в питании рек данного бассейна. Концентрации приоритетных токсикантов и действующих веществ пестицидов современных классов в воде и донных отложениях в устье р. Сал не оказывали негативного влияния на рост и размножение раков. Отмечена тенденция снижения промысловой ракопродуктивности популяции раков в результате изменения ряда наблюдаемых климатических параметров (рост температуры воздуха, снижение водности в бассейне р. Сал) и роста минерализации воды. Однако сохранение относительно благоприятного для жизнедеятельности придонных видов водных биологических ресурсов гидрохимического режима и низкого уровня антропогенного загрязнения экосистемы приоритетными токсикантами позволяет популяции сохранять стабильную размерную структуру и близкие количественные показатели размерных групп раков и плодовитости.

**Ключевые слова:** бассейн р. Сал, раки, структура, ракопродуктивность, хлорорганические пестициды, полихлорированные бифенилы, тяжелые металлы, минерализация воды, водность, атмосферные осадки

## STATUS OF NATURAL FEED RESOURCES AND HABITAT OF CRAYFISH IN THE BASIN OF THE SAL RIVER

E. M. Saenko, S. V. Zhukova, Yu. V. Kosenko, I. V. Korablina, A. V. Trushkov, A. O. Marchenko, V. A. Valiullin, O. A. Zinchuk, Yu. E. Karpushina, E. A. Taradina, D. S. Burlachko, L. A. Lutynskaya, T. I. Podmareva

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI "VNIRO"), Azov-Black Sea Branch of the FSBSI "VNIRO" ("AzNIIRKH"), Rostov-on-Don 344002, Russia  
E-mail: saenko\_e\_m@azniirkh.ru*

**Abstract.** Crayfish is a well-established fishing target in the basin of the Sal River within the Rostov Region. The climate change causing unstable hydrological conditions, as well as the extensive anthropogenic activity have a significant impact on aquatic biological resources. This work was aimed at the investigation of the status of the water bodies and exploitable biological resources (crayfish) in the water bodies of the Sal River Basin, with the anthropogenic pressure and climate changes taken into account. A retrospective analysis of the following parameters has been carried out: hydrological regime of the Sal River Basin since 1937, of the habitat conditions and status of the crayfish population (2012–2021), and the status of its feeding resources (2000–2013) in the context of anthropogenic activities and climate change. It has been found out that the hydrological regime of the water-deficient basin of the Sal River since the mid-1970s has been characterized by a decreased runoff during the spring flood and an increased runoff during the winter and summer–autumn low water period due to air temperature increase in the cold season. Due to the decrease in the water content of the Sal River Basin, the stream water supply lessened and the content of sulfates, chlorides and total dissolved solids in water increased, which resulted in the change of the water type from the hydrocarbonate to the sulfate one. These changes in the concentrations and ratios of salt-forming ions have been also caused by decreased precipitation and an increased feed of ground- and underground waters to the rivers of this basin. The priority toxicants and active ingredients of the pesticides of modern classes found in the water and bottom sediments of the Sal River did not affect the growth and reproduction of the crayfish. Commercial productivity of crayfish stock has shown a trend toward decrease, which resulted from the changes in some observed climate parameters (an increase in air temperature, a decrease in water content in the Sal River Basin), as well as from the increase in total dissolved solids in the water. However, the hydrochemical regime remains to be relatively favorable for life sustenance of the bottom species of aquatic animals, and the anthropogenic pollution of the ecosystem with priority toxicants is low, which makes it possible for the population to maintain stable length composition and similar quantitative values for different length classes of crayfish, as well as its reproduction capacity.

**Keywords:** Sal River Basin, crayfish, structure, crayfish productivity, organochlorine pesticides, polychlorinated biphenyls, heavy metals, total dissolved solids, water content, precipitation

### ВВЕДЕНИЕ

Реки бассейна р. Сал протекают на юго-востоке Ростовской области. Площадь бассейна составляет 21,3 тыс. км<sup>2</sup>. Река Сал берет начало в отрогах Ергеней и образуется слиянием рек Джурак-Сал и Кара-Сал [1]. К притокам верхнего течения р. Сал относятся малые реки Акшибай, Загиста, Амта. С устья р. Большой Гашун начинается среднее течение р. Сал, где впадают реки Малая Куберле и Большая Куберле.

Бассейн характеризуется значительной зарегулированностью стока. В прилегающих балках и на участках русла расположено более 200 различных гидротехнических сооружений. На протяженных участках водотоки бассейна большей частью пере-

сыхающие. Обводненные участки сохранились на небольших по площади межплотинных пространствах и в нижнем течении. Питание рек смешанное: в основном снеговое, в незначительной степени — родниковое. Обеспеченность подземными водами рассматриваемого района неравномерно низкая [2]. В р. Сал периодически поступала вода по Донскому магистральному каналу из Цимлянского водохранилища с целью повышения водности для обеспечения сельскохозяйственных нужд, в т. ч. орошения. Среднегодовое количество воды, подаваемое в р. Сал и ее притоки с 2013 по 2017 г., составило порядка 72 млн м<sup>3</sup> [3]. Характерной особенностью зарегулированных притоков бассейна р. Сал является практически полное

отсутствие течений, что свидетельствует об их деградации. Активное накопление илистых отложений на дне рек бассейна (до 0,9 м) можно рассматривать как прямое подтверждение данного процесса [4].

Расположенные на территории бассейна р. Сал районы Ростовской области являются преимущественно сельскохозяйственными. Водохозяйственный комплекс бассейна р. Сал включает следующие составляющие: сельскохозяйственное водоснабжение (орошение, выпас скота), промышленно-коммунальное водоснабжение и канализация, санитарная проточность и потери воды на испарение. Все составляющие водохозяйственного комплекса в той или иной степени оказывают антропогенное воздействие на водные ресурсы бассейна р. Сал.

Нестабильные гидрологические условия и активная хозяйственная деятельность оказывают существенное влияние на водные биоресурсы, из которых промысловое значение имеют лишь раки. Раки в бассейне р. Сал являются традиционным объектом промысла. Состояние промысловых биоресурсов и среды обитания требует проведения мониторинга, особенно в водных объектах, находящихся на вододефицитных территориях.

Целью работы стало изучение состояния водных объектов и промысловых биоресурсов (раки) в водоемах бассейна р. Сал с учетом антропогенного воздействия и климатических изменений.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследованиях использованы многолетние данные метеорологических наблюдений в районе с. Ремонтное Ростовской области (в верховье бассейна р. Сал), а также общедоступные материалы интернет-сайтов [5, 6], основанные на суточных и месячных данных мониторинговых исследований температуры воздуха, атмосферных осадков в районе с. Ремонтное Ростовской области за период 1937–2021 гг.

Гидрохимический анализ воды в 2016, 2020–2021 гг. рек Сал, Джурак-Сал и Большая Куберле включал определение общей минерализации воды [РД 52.24.468-2019], общей жесткости воды [РД 52.24.395-2017], ионов кальция [РД 52.24.403-2018], сульфатов [РД 52.24.406-2018] и хлоридов [РД 52.24.407-2006].

Оценка загрязнения воды и донных отложений нефтепродуктами в устьевой части р. Сал

проводилась в период 2012–2021 гг. комбинированным ИК-спектрофотометрическим и флуоресцентным методом по сумме углеводов, смол и асфальтенов [ФР.1.29.2012.12493; ФР.1.31.2005.01511]. Из стойких хлорорганических пестицидов (ХОП) в воде и донных отложениях проводилось определение наиболее распространенных изомеров ГХЦГ ( $\alpha$ -,  $\gamma$ -,  $\beta$ -) и метаболитов ДДТ (n,n'-ДДЕ, o,n'-ДДЕ, n,n'-ДДД, o,n'-ДДД, n,n'-ДДТ) [ФР.1.31.2005.01513; Р.1.31.2013.16637]. Загрязнение полихлорбифенилами (ПХБ) воды и донных отложений оценивалось по сумме индикаторных конгенов (изомеров), в число которых вошли: 2,4,4'-трихлорбифенил (ПХБ 28); 2,2',5,5'-тетрахлорбифенил (ПХБ 52); 2,2',4,5,5'-пентахлорбифенил (ПХБ 101); 2,3',4,4',5-пентахлорбифенил (ПХБ 118); 2,2',3,4,4',5'-гексахлорбифенил (ПХБ 138); 2,2',4,4',5,5'-гексахлорбифенил (ПХБ 153); 2,2',3,4,4',5,5'-гептахлорбифенил (ПХБ 180) [ФР.1.31.2021.38827]. В обоих случаях применялись газохроматографические методики анализа. Кислоторастворимые концентрации железа, марганца, цинка, хрома, свинца, кадмия и меди в воде определялись методом атомной абсорбции с электротермической атомизацией [ФР.1.31.2006.01514; РД 52.24.377-2008], содержание общей растворенной ртути — методом атомной абсорбции «холодного пара» [РД 52.24.479-2008]. В донных отложениях оценивалось валовое содержание железа, марганца, цинка, хрома, никеля, меди, свинца и мышьяка методом рентгенфлуоресцентного анализа [ФР.1.31.2006.02634], кислоторастворимых форм кадмия — методом атомной абсорбции с электротермической атомизацией [ФР.1.31.2007.03104], общее содержание ртути — методом атомной абсорбции «холодного пара» [ФР.1.31.2019.35823].

Количественная оценка гидрохимических показателей рыбохозяйственных водоемов и загрязнения воды приоритетными токсикантами проводилась в соответствии с Приказом Федерального агентства по рыболовству от 13 декабря 2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в т. ч. нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (с изменениями на 12 октября 2018 г.).

Определение действующих веществ (ДВ) пестицидов в воде и донных отложениях про-

водили в 2016 г. методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Изучали содержание 14 ДВ: дифлуфеникан, имазетапир, имидаклоприд, ипродион, метрибузин, пенцикурон, фамоксадон, фенмедифам, флубендиамид, флумиоксазин, флуфенацет, хизалофоп-П-этил, ципросульфамид, этофумезат [7].

Для характеристики кормовой базы и состояния популяции раков в бассейне р. Сал использованы фондовые гидробиологические материалы за период 2000–2013 гг. и материалы астакологических съемок за период 2000–2021 гг. Для характеристики состояния популяций раков в бассейне р. Сал использовались стандартные методики сбора и обработки полевого материала [8].

Статистическую обработку биологических данных осуществляли с помощью лицензионной программы Excel пакета Microsoft Office.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Бассейн р. Сал, в целом, относится к слабоизученным (недостаточно изученным) районам, что объясняется отсутствием длительных непрерывных рядов гидрологических наблюдений, а также существенным влиянием антропогенной деятельности, искажающей естественный сток.

Роль дождевого питания рек бассейна невелика. За год выпадает от 87 мм (1985 г.) до 632 мм (1973 г.) атмосферных осадков, а в среднем за период 1948–2021 гг. годовая сумма осадков составила 416 мм (табл. 1).

Основной причиной резкого изменения доминирующих процессов формирования стока воды явилось, в первую очередь, изменение температурного режима в холодный период года [9]. Зимнее потепление повлияло на весь криогенный режим, включая промерзание почвы, режим снегонакопления и снеготаяния, образование ледового покрова на реках, и отразилось на формировании весеннего половодья — основной водной фазы рек бассейна, — равно как и на процессе влагооборота в зоне аэрации и насыщенной зоне почво-грунтов в зимний период. В результате возникших условий произошло увеличение инфильтрационного питания подземных вод и их запасов, являющихся основным источником питания рек бассейна в меженный период. Испарение воды в этом регионе составляет 1030–1200 мм в год [10].

Период наблюдений за стоком р. Сал по водохозяйственным постам слобода Большая Мартыновка и х. Балабинка составлял около 35 лет (1984–

2017 гг.). По имеющимся данным водпоста р. Сал (х. Балабинка), охватывающего практически всю площадь бассейна (21000 км<sup>2</sup> из 21300 км<sup>2</sup>, т. е. 98,6 % всей площади водосбора), среднегодовой сток за указанный период наблюдения составил 13,9 м<sup>3</sup>/с, а по данным более короткого ряда наблюдений на р. Сал в районе слободы Большая Мартыновка (площадь водосбора составляет 18600 км<sup>2</sup>), среднегодовой расход воды оказался равным 7,64 м<sup>3</sup>/с. Расчетные модули стока весеннего половодья за период, приведенный к многолетнему, в обоих случаях превышают 3 л/с·км<sup>2</sup>, причем в створе Большой Мартыновки модуль стока выше, чем в устьевом створе. Основные гидрологические характеристики стока р. Сал представлены в табличной форме (табл. 2, 3).

Рассчитанные экстремальные значения среднегодовых расходов воды р. Сал в устье в естественных условиях колебались в пределах 11,9–0,31 м<sup>3</sup>/с, а объемы стока — в диапазоне 375,6–9,68 млн м<sup>3</sup>. Среднемноголетняя величина расхода воды за период 1948–1985 гг. составляла 1,2 м<sup>3</sup>/с, а объем стока — 37,8 млн м<sup>3</sup>. Такой сток в условиях естественного режима формировался в 1957 и 1981 гг. [4]. Построенные кривые повторяемости и продолжительности стока р. Сал в устье дают возможность заключить, что наиболее вероятным (37,8 % случаев) являлся сток реки до 25 млн м<sup>3</sup> в год. В 100 % случаев в 1948–1985 гг. сток реки был не ниже этой величины. На 62,2 % обеспечен сток реки в интервалах 25–50 млн м<sup>3</sup>, имевший место в течение 9 лет (24,3 % случаев) рассматриваемого периода. Только в одном случае, в 1956 г., величина стока реки превысила 375 млн м<sup>3</sup>; обеспеченность этой величины является близкой к 1 % (2,7 %). Также по одному разу за указанный период водность реки превышала 200 и 150 млн м<sup>3</sup> в год, а обеспеченность этих величин составляет, соответственно, 5,4 и 8,1 %. В среднемаловодные годы (75%-ной обеспеченности) сток реки в естественных условиях мог составлять 19,4 млн м<sup>3</sup>, в среднемноговодные (25%-ной обеспеченности) — 94 млн м<sup>3</sup>, а сток реки 50%-ной обеспеченности, т. е. близкий к норме, мог составить 37,8 млн м<sup>3</sup>. Ниже этого значения годовой сток р. Сал был в 18 случаях, т. е. почти в 50 % случаев за расчетный период. Модуль стока в бассейне р. Сал изменялся от 0,10 до 3,88 л/с км<sup>2</sup>, а слой годового стока — от 3 до 122 мм.

Анализ данных многолетних наблюдений за стоком рек бассейна р. Дон, включающих бассейн

**Таблица 1.** Средние и экстремальные показатели месячных значений атмосферных осадков в с. Ремонтное (верховье р. Сал), 1948–2021 гг. [6]**Table 1.** Average and extreme values of monthly precipitation in Remontnoe Settlement (upper Sal River), 1948–2021 [6]

Месяц Month	Норма Average	Сезон Season	Сумма осадков Total precipitation	Месячный минимум Monthly minimum	Месячный максимум Monthly maximum	Суточный максимум Daily maximum
Декабрь December	32	зима winter	88	6 (2003)	84 (1996)	24 (2005)
Январь January	29			3 (2008)	89 (1987)	31 (1964)
Февраль February	27			0,8 (1972)	63 (1966)	30 (1994)
Март March	33	весна spring	111	0,0 (2020)	76 (1994)	24 (1998)
Апрель April	28			0,3 (1962)	115 (2000)	51 (2000)
Май May	50			8 (2018)	179 (1978)	87 (1985)
Июнь June	49	лето summer	115	0,5 (2018)	126 (1966)	61 (2004)
Июль July	40			2 (1966)	108 (2019)	61 (2010)
Август August	26			0,0 (1969)	134 (2000)	58 (2000)
Сентябрь September	37	осень autumn	102	0,0 (1999)	116 (2013)	49 (2003)
Октябрь October	33			1,0 (1967)	106 (2003)	45 (2003)
Ноябрь November	32			2 (2017)	85 (1961)	29 (2020)
Год Year	416			203 (1962)	632 (1973)	87 (1985)

р. Сал, показал, что на фоне начавшегося с середины 1970-х гг. повышения приземной температуры воздуха, сопровождающегося изменениями и других климатических параметров, произошла смена фаз в колебаниях их водности. В результате произошло снижение стока весеннего половодья и увеличение стока зимней и летне-осенней межени. Максимальные расходы воды весеннего половодья уменьшились, а минимальные меженные расходы увеличились. Отмечалось снижение водности и снизились русловые запасы водотоков. Доминирующим климатическим фактором, послужившим

причиной этих изменений, явилось повышение температуры воздуха в холодный период года [9].

Формирование минерализации и химического состава вод малых рек бассейна р. Сал происходит под влиянием питающих их водотоков и зависит от геологических, географических и гидрологических условий. По литературным данным, в конце 1990-х гг. в большинстве водотоков бассейна р. Сал преобладала вода гидрокарбонатного типа группы натрия, а в р. Большая Куберле и р. Большой Гашун — хлоридного типа [11]. Во всех водных объектах минерализация воды была на уровне 1000–

**Таблица 2.** Многолетние характеристики среднегодового стока и их статистические параметры [9]**Table 2.** Long-term characteristics of the average annual runoff and their statistical parameters [9]

Река – пост River – Station	р. Сал – слобода Большая Мартыновка Sal River – sloboda (village) Bolshaya Martynovka	р. Сал – х. Балабинка Sal River – khutor (hamlet) Balabinka	
Площадь водосбора, км <sup>2</sup> Catchment area, km <sup>2</sup>	18600	21000	
Характерные значения стока за период наблюдения Characteristic values of the runoff during the observation period	средний многолетний расход, м <sup>3</sup> /с average long-term flow rate, m <sup>3</sup> /s	7,64	13,9
	максимальный расход, м <sup>3</sup> /с (год) maximum flow rate, m <sup>3</sup> /s (year)	13,2 (2003)	24,6 (1994)
	минимальный расход, м <sup>3</sup> /с (год) minimum flow rate, m <sup>3</sup> /s (year)	0,71 (1949)	5,70 (2015)
Параметры стока за период, приведенный к многолетнему Flow parameters for the period, reduced to long-term values	расчетный период calculation period	1937–2017	1948–2017
	расход, м <sup>3</sup> /с flow rate, m <sup>3</sup> /s	8,58	40,1
	модуль, л/с км <sup>2</sup> absolute value, L/s km <sup>2</sup>	0,46	1,91
	$C_v$	0,41	0,98
	$C_s/C_v$	–	
	$R(i)$	0,39	0,42
Среднегодовой расход воды (м <sup>3</sup> /с) различной обеспеченности, % Average annual water flow (m <sup>3</sup> /s) of various supply level, %	1	16,7	
	5	14,3	
	10	13	
	50	8,58	
	75	6,23	
	90	4,11	
	95	2,85	
	99	0,47	

1549 мг/дм<sup>3</sup> и по классификации Н.И. Тостихина [12] характеризовалась как слабосоленоводная.

В современный период (2012–2021 гг.) водотоки бассейна р. Сал в результате происходящих климатических изменений [13] испытывают дефицит атмосферных осадков, что и обуславливает повышенное содержание сульфатов в речной воде. При этом, значительное воздействие на изменчивость гидрохимических характеристик могут оказывать и глубокозалегающие межпластовые подземные воды. Помимо подземных вод, немаловажным фактором повышенного содержания сульфатов и хлоридов в исследуемой воде являются луговые и лугово-степные солонцы, распространенные в бас-

сейне р. Сал. При проведении комплексных исследований состояния водных объектов в 2016–2021 гг. в большинстве водотоков бассейна р. Сал преобладал тип воды сульфатно-натриевый, а на участках с выходом грунтовых вод — хлоридно-натриевый [14]. Вода по солевому составу [12] варьировала от умеренно пресной (р. Большая Куберле) до сильно-солончатой в водотоках р. Сал и р. Джурак-Сал. Величина общей минерализации находилась в пределах 940–9900 мг/дм<sup>3</sup>. Содержание хлоридов изменялось от 1002 до 4400 мг/дм<sup>3</sup>, сульфатов — от 1393 до 2824 мг/дм<sup>3</sup>, концентрация кальция — от 304 до 851 мг/дм<sup>3</sup>. Общая жесткость воды варьировала в диапазоне от 28,75 до 51,0 °Ж (табл. 4).

**Таблица 3.** Многолетние характеристики максимальных расходов воды весеннего половодья и их статистические параметры [9]**Table 3.** Long-term characteristics of the maximum water flow during spring floods and their statistical parameters [9]

Река – пост River – Station		р. Сал – слобода Большая Мартыновка Sal River – sloboda (village) Bolshaya Martynovka	р. Сал – х. Балабинка Sal River – khutor (hamlet) Balabinka
Площадь водосбора, км <sup>2</sup> Catchment area, km <sup>2</sup>		18600	21000
Характерные значения стока за период наблюдения Characteristic values of the runoff during the observation period	средний многолетний расход воды весеннего половодья, м <sup>3</sup> /с average long-term spring flood water flow, m <sup>3</sup> /s	66,1	40,6
	средний многолетний модуль весеннего половодья, м <sup>3</sup> /с average absolute long-term value of spring flood, m <sup>3</sup> /s	3,55	1,93
	наибольший расход, м <sup>3</sup> /с (год) maximum flow, m <sup>3</sup> /s (year)	378 (1940)	200 (1994)
	наименьший расход, м <sup>3</sup> /с (год) minimum flow, m <sup>3</sup> /s (year)	11,9 (1948)	11,2 (2015)
Параметры стока за период, приведенный к многолетнему Flow parameters for the period, reduced to long-term values	расчетный период calculation period	1937–2017	1937–2017
	расход, м <sup>3</sup> /с км <sup>2</sup> flow rate, m <sup>3</sup> /s km <sup>2</sup>	66,2	65,4
	модуль, л/с км <sup>2</sup> absolute value, L/s km <sup>2</sup>	3,56	3,11
	$C_v$	1,30	1,24
	$C_s/C_v$	2,3	1,9
	$R(i)$	0,27	0,26
Максимальный расход воды весеннего половодья (м <sup>3</sup> /с) различной обеспеченности, % Maximum flow rate of spring flood water (m <sup>3</sup> /s) of various supply level, %	0,1	711	592
	1	425	380
	5	234	232
	10	159	169
	25	77,2	88,3

По показателям общей минерализации воды р. Сал, р. Джурак-Сал и р. Большая Куберле были отнесены к сульфатно-натриевому типу, воды р. Малая Куберле характеризовались как хлоридно-натриевые. При оценке химического состава

воды водотоков бассейна р. Сал литературными данными [11] также отмечено синхронное увеличение содержания в воде сульфатов и хлоридов и повышение общей минерализации воды, что могло быть вызвано уменьшением водности и увеличе-

**Таблица 4.** Солевой состав воды в бассейне р. Сал в 2016 г. в период 2020–2021 гг.**Table 4.** Salt composition of the water in the Sal River Basin in 2016 in 2020–2021

Водоток Watercourse	Период исследований Investigation period	Жесткость общая, °Ж Total hardness, °Н	Кальций, мг/дм <sup>3</sup> Calcium, mg/dm <sup>3</sup>	Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup> Sulfates, mg/dm <sup>3</sup>	Хлориды, мг/дм <sup>3</sup> Chlorides, mg/dm <sup>3</sup>	Общая минерализация, мг/дм <sup>3</sup> Total dissolved solids, mg/dm <sup>3</sup>
р. Малая Куберле Malaya (Little) Kuberle River	Октябрь 2016 г. October, 2016	51,0	851	2132	4400	9900
р. Большая Куберле Bolshaya (Big) Kuberle River	Октябрь 2020 г. October, 2020	28,8	304	1393	1002	940
р. Джурак-Сал Dzhurak-Sal River	Октябрь 2020 г. October, 2020	46,5	383	2552	2161	7904
р. Джурак-Сал Dzhurak-Sal River	Октябрь 2021 г. October, 2021	47,1	377	2824	2428	8628
р. Сал Sal River	Октябрь 2021 г. October, 2021	35,7	304	1844	1578	5820
ПДК <sub>р/х</sub> (для пресных вод) MPC (for the freshwater bodies of fisheries importance)		–	180	100	300	–

нием роли грунтовых и подземных вод в питании реки (особенно в меженные периоды) в современных условиях климатических изменений.

В период наблюдений 2012–2021 гг. концентрация нефтепродуктов в воде устьевое участка р. Сал преимущественно была низкой и находилась в диапазоне <0,02–0,09 мг/дм<sup>3</sup>. Среднеголетнее значение за весь период наблюдений составило 0,04 мг/дм<sup>3</sup>, что сопоставимо со среднегодовыми показателями. Незначительное превышение ПДК<sub>р/х</sub> нефтепродуктов (до 1,8 раза) зафиксировано в воде устья р. Сал локально в 2016–2018 гг. В донных отложениях, как и в воде, содержание нефтепродуктов в течение практически всего периода наблюдений было низким (<0,02–1,29 г/кг); среднеголетнее значение составило 0,22 г/кг. Отмечен единичный случай

повышенного содержания нефтепродуктов в донных осадках устья р. Сал в летне-осенний период 2013 г. (1,29 г/кг сухой массы) (табл. 5).

Суммарная концентрация стойких ХОП в воде и донных отложениях устья р. Сал была низкой: <0,5–8,2 нг/дм<sup>3</sup> и <0,2–7,7 мкг/кг сухой массы, соответственно. Случаев превышения ПДК<sub>р/х</sub> ХОП в воде не зафиксировано. Как в воде, так и в донных отложениях преимущественно встречались два наиболее стойких к разложению метаболита препарата ДДТ: 4,4'-ДДЕ и 4,4'-ДДД. Высокотоксичные изомеры препарата ГХЦГ и собственно препарат ДДТ в обследованной акватории р. Сал не обнаружены. В целом, загрязнение воды и донных отложений устья р. Сал стойкими ХОП можно считать остаточным (табл. 6).



**Таблица 5.** Диапазоны и средние концентрации нефтепродуктов в воде и донных отложениях устья р. Сал в период 2012–2021 гг.

**Table 5.** Ranges and average concentrations of petroleum products in water and bottom sediments of the Sal River mouth in 2012–2021

Год / Year	Вода, мг/дм <sup>3</sup> Water, mg/dm <sup>3</sup>		Донные отложения, г/кг сухой массы Bottom sediments, g/kg, dry weight	
	среднее average	диапазон range	среднее average	диапазон range
2012	0,03	<0,02–0,03	0,26	0,02–0,30
2013	0,02	<0,02–0,02	0,81	0,17–1,29
2014	0,03	<0,02–0,03	0,14	0,04–0,31
2015	0,02	0,02–0,03	0,08	<0,02–0,13
2016	0,05	0,02–0,09	0,17	0,08–0,22
2017	0,06	0,02–0,08	0,16	0,02–0,20
2018	0,06	0,02–0,09	0,16	<0,02–0,18
2019	0,03	<0,02–0,03	0,03	<0,02–0,03
2020	0,02	<0,02–0,02	0,28	0,02–0,30
2021	0,04	0,03–0,04	0,13	0,06–0,19
ПДК <sub>р/х</sub> MPC (for the freshwater bodies of fisheries importance)	0,05		–	

**Таблица 6.** Диапазоны и средние концентрации стойких ХОП в воде и донных отложениях устья р. Сал, 2012–2021 гг.

**Table 6.** Ranges and average concentrations of persistent organochlorine pesticides in water and bottom sediments of the Sal River mouth, 2012–2021

Год / Year	Вода, нг/дм <sup>3</sup> Water, ng/dm <sup>3</sup>		Донные отложения, мкг/кг сухой массы Bottom sediments, µg/kg, dry weight	
	среднее average	диапазон range	среднее average	диапазон range
2012	<0,5		<0,2	
2013	<0,5		3,5	<0,2–7,7
2014	3,2	<0,5–8,2	1,1	0,2–1,9
2015	0,9	<0,5–1,5	0,2	<0,2–0,3
2016	3,5	3,1–3,9	0,6	0,2–1,0
2017	0,6	<0,5–0,8	0,3	0,2–0,3
2018	<0,5		0,5	<0,2–0,6
2019	0,5	<0,5–0,6	<0,2	
2020	0,5	<0,5–0,9	<0,2	
2021	1,7	<0,5–1,9	0,2	<0,2–0,3
ПДК <sub>р/х</sub> MPC (for the freshwater bodies of fisheries importance)	10		–	

В течение 10 последних лет наблюдений индикаторные конгенеры ПХБ в воде и донных отложениях устьевого участка р. Сал практически не встречались. Исключением явился 2018 г., когда суммарная концентрация индикаторных ПХБ в донных отложениях составила 3,5 мкг/кг сухой массы, и летний–раннеосенний период 2020 г. — 31,3 нг/дм<sup>3</sup> в воде (ПДК<sub>р/х</sub> ПХБ 10 нг/дм<sup>3</sup>). Высокотоксичный диоксиноподобный 2,3',4,4',5-пентахлорбифенил (ПХБ 118) в обследованной акватории р. Сал обнаружен не был (<1,0 нг/дм<sup>3</sup>).

В период 2012–2021 гг. в воде устья р. Сал фиксировались случаи превышения ПДК<sub>р/х</sub> марганца (2013 г. в среднем в 1,3 раза, 2020 г. — в 3,6 раз), цинка (2014 г. в среднем в 1,4 раза), меди (2012 г. в среднем в 1,9 раза, 2014 г. — в 1,8 раза, 2016 г. — 1,6 раза) и ртути (2013 г. в среднем в 6 раз, 2020 г. — в 3 раза). Превышение ПДК<sub>р/х</sub> железа, свинца, хрома, никеля и кадмия в течение всего периода наблюдений зафиксировано не было. Мышьак в воде устья р. Сал не найден (<2,5 мкг/дм<sup>3</sup>). В целом, за исключением вышеназванных случаев, содержание в воде устья р. Сал тяжелых металлов было низким (табл. 7).

В течение 10 последних лет наблюдений в донных осадках устья р. Сал содержание мышьяка и большинства тяжелых металлов находилось

в границах среднесуточных показателей для песчано-илистых донных осадков малых рек бассейна. Исключение составили концентрации марганца (2016, 2017 гг.) и хрома (2018 г.), превысившие среднесуточные показатели более чем в два раза (табл. 8).

В течение 2016 г. были проведены исследования содержания в воде и донных отложениях ДВ пестицидов современных классов, наиболее часто применяемых в современном сельском хозяйстве. В воде и донных отложениях р. Сал были обнаружены 12 наименований действующих веществ пестицидов (полностью отсутствовали флубендиамид и хизалофоп-П-этил), из которых чаще всего встречались имидаклоприд, метрибузин, ципросульфамид и флумиоксазин (табл. 9).

Остальные действующие вещества встречались достаточно редко, в основном в единичных случаях (дифлуфеникан, ипродион, фамоксадон), либо только в воде (метрибузин), либо только в донных осадках (фенмедифам, этофумезат). Суммарные и индивидуальные концентрации пестицидов в течение года достигали больших значений в весенний период, что характерно для всего региона. Однако случаев превышения ПДК не было отмечено ни на одной из станций. Суммарная токсичность обнаруженных действующих

**Таблица 7.** Средние концентрации тяжелых металлов и мышьяка в воде устья р. Сал в период 2012–2021 гг., мкг/дм<sup>3</sup>

**Table 7.** Average concentrations of heavy metals and arsenic in the water of the Sal River mouth in 2012–2021, µg/dm<sup>3</sup>

Год / Year	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cr	Cd	Ni	As	Hg
2012	22	2,2	2,0	<b>1,9</b>	<0,40	<1,0	0,10	<2,0	<2,5	<0,010
2013	68	12	3,4	1,0	<0,40	1,0	<0,10	<2,0	<2,5	0,060
2014	33	2,7	14	1,8	0,44	<1,0	<0,10	<2,0	<2,5	<0,010
2015	49	11	3,8	1,0	0,40	1,0	<0,10	<2,0	<2,5	<0,010
2016	38	7,3	5,1	1,6	0,58	<1,0	<0,10	<2,0	<2,5	<0,010
2017	29	3,3	3,8	1,0	<0,40	<1,0	<0,10	<2,0	<2,5	<0,010
2018	25	6,3	2,7	1,0	<0,40	<1,0	<0,10	6,1	<2,5	<0,010
2019	34	9,3	2,0	<1,0	<0,40	<1,0	<0,10	3,5	<2,5	<0,010
2020	35	36	5,9	<1,0	<0,40	<1,0	<0,10	2,0	<2,5	0,030
2021	39	9,1	2,2	<1,0	<0,40	<1,0	<0,10	3,1	<2,5	<0,010
ПДК <sub>р/х</sub> MPC (for the freshwater bodies of fisheries importance)	100	10	10	1,0	6	20	5	10	50	0,01

**Таблица 8.** Средние концентрации тяжелых металлов и мышьяка в донных отложениях устья р. Сал, 2012–2021 гг., мг/кг сухой массы**Table 8.** Average concentrations of heavy metals and arsenic in the bottom sediments of the Sal River mouth, 2012–2021, mg/kg, dry weight

Год Year	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cr	Cd	Hg	As	Ni
2012	25530	877	67	28	15	97	<0,05	0,08	5,6	47
2013	27585	787	100	33	18	96	0,25	0,07	6,3	51
2014	19942	972	56	26	12	62	0,07	0,09	5,4	43
2015	19275	524	42	23	19	137	0,07	0,10	5,3	31
2016	29816	1313	70	28	17	148	0,09	0,10	6,8	53
2017	25497	1595	60	28	16	157	0,05	0,09	0,80	15
2018	11449	322	38	23	8,2	210	0,08	0,10	2,7	32
2019	6112	99	15	30	8,8	64	<0,05	0,15	4,6	19
2020	5735	177	17	7,7	8,6	112	0,05	0,02	1,0	49
2021	10916	337	33	7,0	3,1	56	<0,05	0,01	1,4	15

**Таблица 9.** Содержание действующих веществ пестицидов воде (в мкг/л) и донных отложениях (в мг/кг) в р. Сал в 2016 г.**Table 9.** Content of active ingredients of pesticides in the water ( $\mu\text{g/L}$ ) and bottom sediments (mg/kg) of the Sal River in 2016

Наименование ДВ пестицида Active ingredient of the pesticide	Зимний период Winter season		Весенний период Spring season		Летний период Summer season		Осенний период Autumn season	
	вода water	донные отложения bottom sediments	вода water	донные отложения bottom sediments	вода water	донные отложения bottom sediments	вода water	донные отложения bottom sediments
Имазетапир Imazethapyr	0,952	–	0,813	0,317	0,505	0,080	–	–
Имидаклоприд Imidacloprid	3,130	–	6,036	0,191	5,190	0,145	3,310	0,080
Метрибузин Metribuzin	–	–	–	2,187	–	1,980	–	0,020
Фенмедифам Phenmedipham	–	–	0,099	0,015	–	0,008	–	–
Ципросульфамид Cyprosulfamide	0,008	–	0,410	0,117	–	0,012	0,009	–
Этофумезат Ethofumesate	–	–	–	–	0,122	–	–	0,009

веществ, вычисленная по формуле А.Г. Аверьянова [15], в течение года достигла всего лишь 0,38 в весенний сезон, что является достаточно низким значением.

Таким образом, в 2012–2021 гг. в большинстве водотоков бассейна р. Сал отмечается смена типа

воды с гидрокарбонатного на сульфатный. По уровню общей минерализации вода в бассейне р. Сал в преобладающем большинстве водотоков является сильносоленой, но пригодной для развития раков [16]. Концентрации загрязняющих веществ, обнаруженные в воде и донных отложе-

ниях в устье р. Сал за последние 10 лет наблюдений, не могли оказывать негативного влияния на рост и размножение раков. Существующий уровень содержания действующих веществ пестицидов современных классов в воде и донных отложениях не оказывает негативного воздействия на водные биоресурсы в бассейне р. Сал. Несмотря на происходящие изменения гидролого-гидрохимического и токсикологического режимов водотоков, исследуемый период (2012–2021 гг.) оценивается как благоприятный для жизнедеятельности придонных видов водных биологических ресурсов.

Водные биоресурсы рек бассейна представлены густерой, серебряным карасем, лещом, красноперкой, плотвой, сазаном, щукой, раками. Промыслом из перечисленных биоресурсов используется только кубанский рак (*Pontastacus cubanicus*).

Промысел раков в бассейне традиционно проводится раколовками ячеей не менее 16 мм в верхнем течении р. Сал. Основным промысловым районом были реки Сал, Кара-Сал, Джурак-Сал, Акшибай. В реках Малая Куберле и Большая Куберле промысел велся эпизодически и только в период 1990–2010 гг. В 2012–2020 гг. промысловый запас раков в водоемах бассейна р. Сал изменялся

в диапазоне 44,9–71,8 т с тенденцией к снижению промысловой биомассы (рис. 1). В 2021 г. он был оценен в объеме 22,5 т.

Ежегодный вылов варьировал от 1,3 т (2012 г.) до 8,34 т (2015 г.), а в отдельные годы по организационным причинам не проводился (2017–2018 гг.). Среднегодовой вылов составил  $4,2 \pm 1,06$  т. Освоение ОДУ изменялось от 14,5 % в 2019 г. до 70,6 % в 2020 г. Несмотря на снижение величины промыслового запаса в 2021 г. до уровня 22,5 т, объем вылова раков (4,7 т) был близок к среднемноголетнему уровню, а освоение ОДУ промыслом составило 64,4 %.

Для речных раков свойственно неравномерное распределение по биотопам, что связано с особенностями их жизненного цикла, наличием кормовых организмов и другими абиотическими и биотическими факторами [16, 17]. В 2000–2011 гг. популяция раков в уловах была представлена особями длиной от 4,5 см до 13,9 см. Доминировала группа раков длиной 10–13 см, составляя 56–70 % (промысловая часть популяции). Для раков в бассейне р. Сал характерно преобладание в структуре популяции особей размерных групп 10,0–10,9 и 11,0–11,9 см (первая промысловая группа). Суммарно особи длиной 10–11,9 см

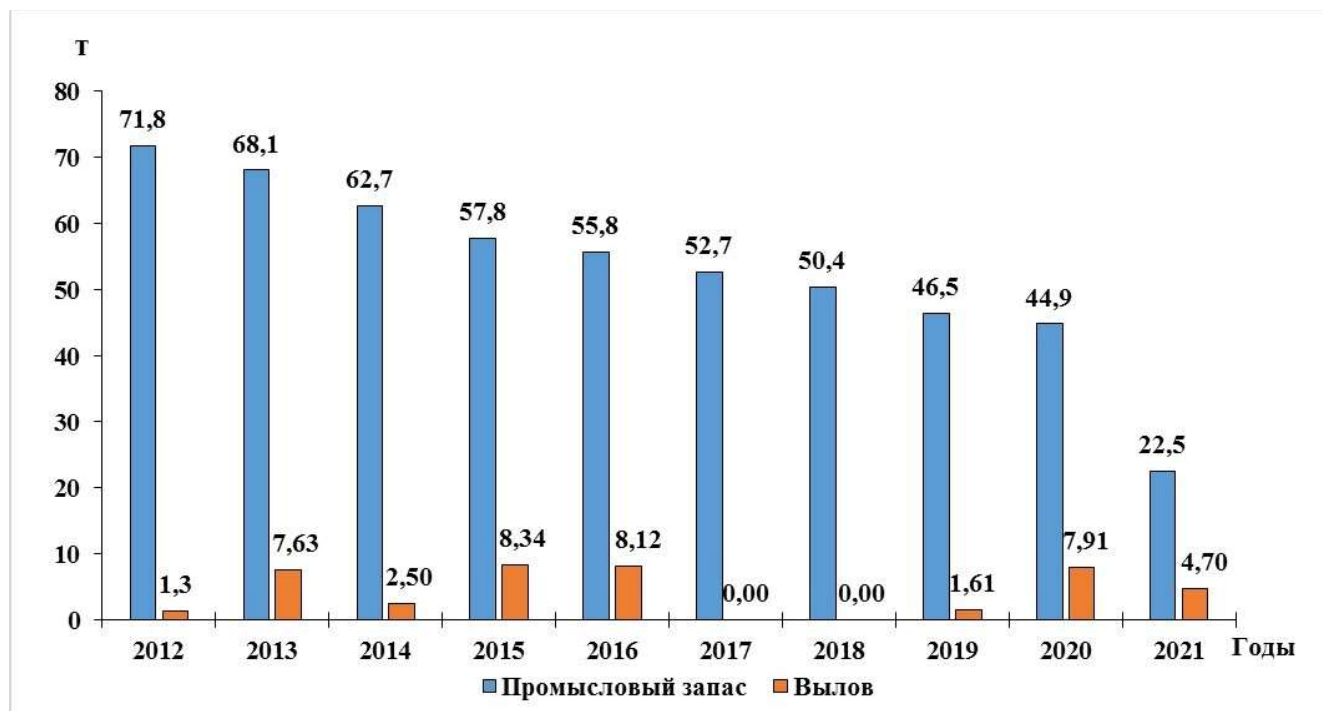


Рис. 1. Промысловый запас и вылов раков в бассейне р. Сал в 2012–2021 гг.

Fig. 1. Commercial stock and catch of crayfish in the Sal River Basin in 2012–2021

составляли 32–45 % облавливаемой части популяции.

Основными компонентами рациона раков являются зоопланктон, представленный ветвистыми, веслоногими ракообразными и коловратками, зообентос, представленный олигохетами, хирономидами, ракообразными и моллюсками, и погруженная водная растительность. В течение различных этапов жизненного цикла наблюдается качественная и количественная смена рационов питания [17, 18]. В 2000–2013 гг. видовое разнообразие зоопланктона было представлено 15–17 видами. Суммарный уровень развития зоопланктона варьировал в диапазонах численности 62,1–310,0 тыс. экз./м<sup>3</sup> и биомассы 660,0–1500,0 мг/м<sup>3</sup>. В бентосных сообществах преобладали олигохеты, биомасса которых была на уровне 2,3–9,8 г/м<sup>3</sup>. Биомасса хирономид варьировала в пределах 1,64–3,1 г/м<sup>2</sup>, биомасса ракообразных — 0,3–1,4 г/м<sup>2</sup>. Такой уровень развития кормовых организмов обеспечивал трофические условия, благоприятные для роста и размножения раков [17, 18]. Водоемы бассейна по ракопродуктивности оценивались как высокопродуктивные (более 20 кг/га). Общая ракопродуктивность составляла 48–50 кг/га, промысловая — 38,6–40 кг/га. Плодовитость самок была на уровне 278,2–357,0 шт. икринок/самка (среднее значение 318,6±15,36 шт. икринок/самка).

В 2012–2021 гг. в межгодовом аспекте плотность распределения раков варьировала в диапазоне 13–41,5 кг/га, промысловая — 7,6–34,5 кг/га с тенденцией к снижению. Наиболее высокая общая и промысловая плотность раков отмечалась в 2013 г. (рис. 2).

По количественным показателям до 2018 г. водоемы бассейна оценивались как высокопродуктивные. Общая ракопродуктивность составляла 26,6–41,5 кг/га, промысловая — 22,2–34,5 кг/га. В 2020 г. было отмечено сокращение плотности распределения раков в результате снижения удельной численности и биомассы раков на традиционных станциях сбора материала до 13,0 кг/га общей и 7,6 кг/га промысловой за счет миграции раков в более водные участки водоемов и кормные биотопы, однако это не отразилось на объемах их годового вылова ракопромысловыми бригадами.

В отсутствие чрезвычайных ситуаций и негативных воздействий — достаточно стабильна [8]. В 2012–2019 гг. раки в водоемах бассейна были

представлены всеми размерными группами с преобладанием особей промысловых размеров 66–82 %. Также в уловах учетными орудиями лова наблюдалось доминирование раков длиной от 10,0 до 11,9 см. Межгодовая флуктуация размерной группы 10,0–10,9 см находилась в диапазоне 16–33 %, размерной группы 11,0–11,9 см — 6–30 % уловов. Суммарно особи длиной 10,0–11,9 см составляли 46–56 % облавливаемой части популяции. Размерная группа 12,0–12,9 см варьировала в пределах 1–28 %. Группа 13,0–13,9 см была малочисленной и составляла в уловах не более 1–8 %, а крупные раки (более 13 см) были зарегистрированы в уловах лишь в 2017 г. Доля промысловых раков длиной 10 см и выше составляла от 66 до 81 % общего улова. Следует отметить относительное снижение доли промысловых раков в 2020–2021 гг. за счет увеличения доли раков непромыслового размера до 27–38 % от общей численности, которые пополняют промысловую часть популяции в ближайшие годы (2022–2023 гг.).

Плодовитость самок была на уровне 283,4–355,8 шт./самка (среднее значение — 323,1±9,88 шт./самка), что сопоставимо с аналогичными показателями 2000–2011 гг.

Сравнительный анализ структуры популяции раков в 2012–2021 гг. с периодом 2000–2011 гг. не выявил существенных отличий ( $P < 0,05$ ) в соотношении размерных групп (рис. 3). Наиболее многочисленной группой были раки длиной 10,0–10,9 см. Крупные раки длиной 13–13,9 см не превышали 4,2–4,6 % облавливаемой части популяции; раки длиной свыше 13 см встречались в уловах единично. Группа пополнения промыслового запаса в последующие два года составляла 34,0–36,4 % общей численности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гидрологический режим бассейна р. Сал с середины 1970-х гг. характеризуется снижением стока весеннего половодья и увеличением стока зимней и летне-осенней межени. Максимальные расходы воды весеннего половодья уменьшились, а минимальные меженные расходы увеличились. Вследствие снижения водности бассейна р. Сал снизились русловые запасы водотоков. Доминирующим климатическим фактором, послужившим причиной этих изменений, явилось повышение температуры воздуха в зимний период года.

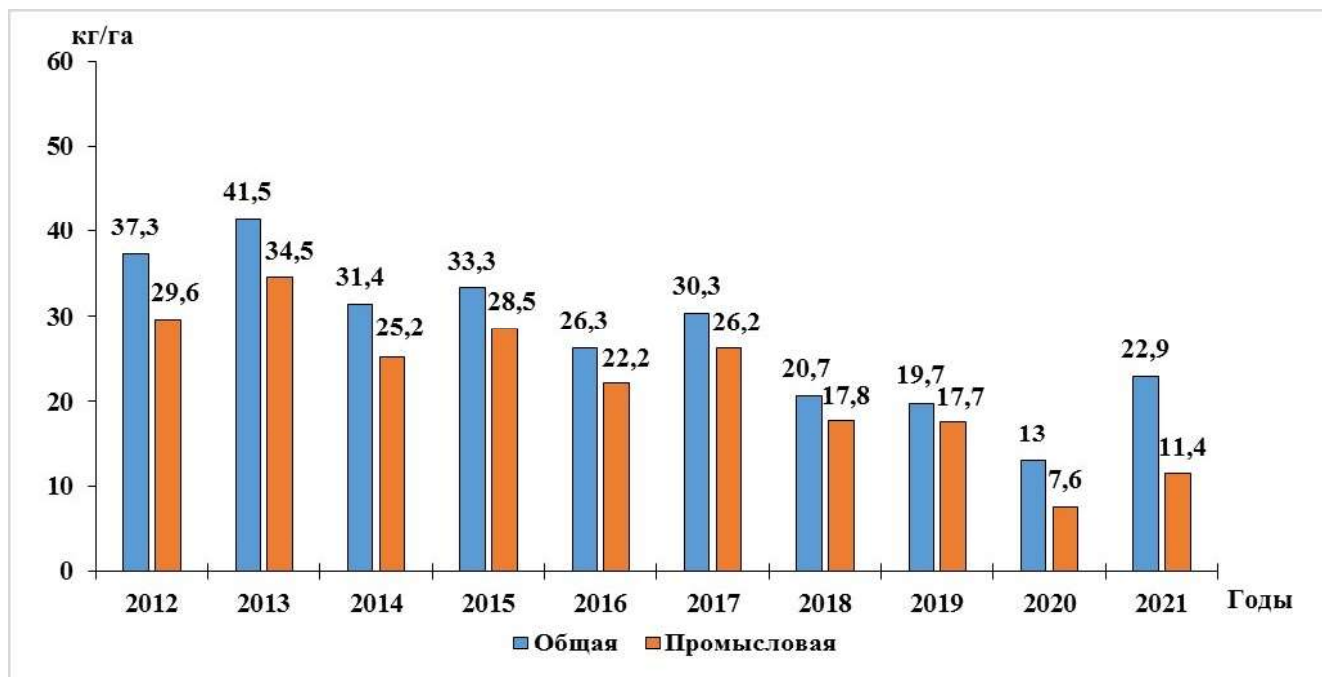


Рис. 2. Динамика общей и промысловой продуктивности раков в бассейне р. Сал в 2012–2021 гг.

Fig. 2. Dynamics of total and commercial productivity of crayfish in the Sal River Basin in 2012–2021

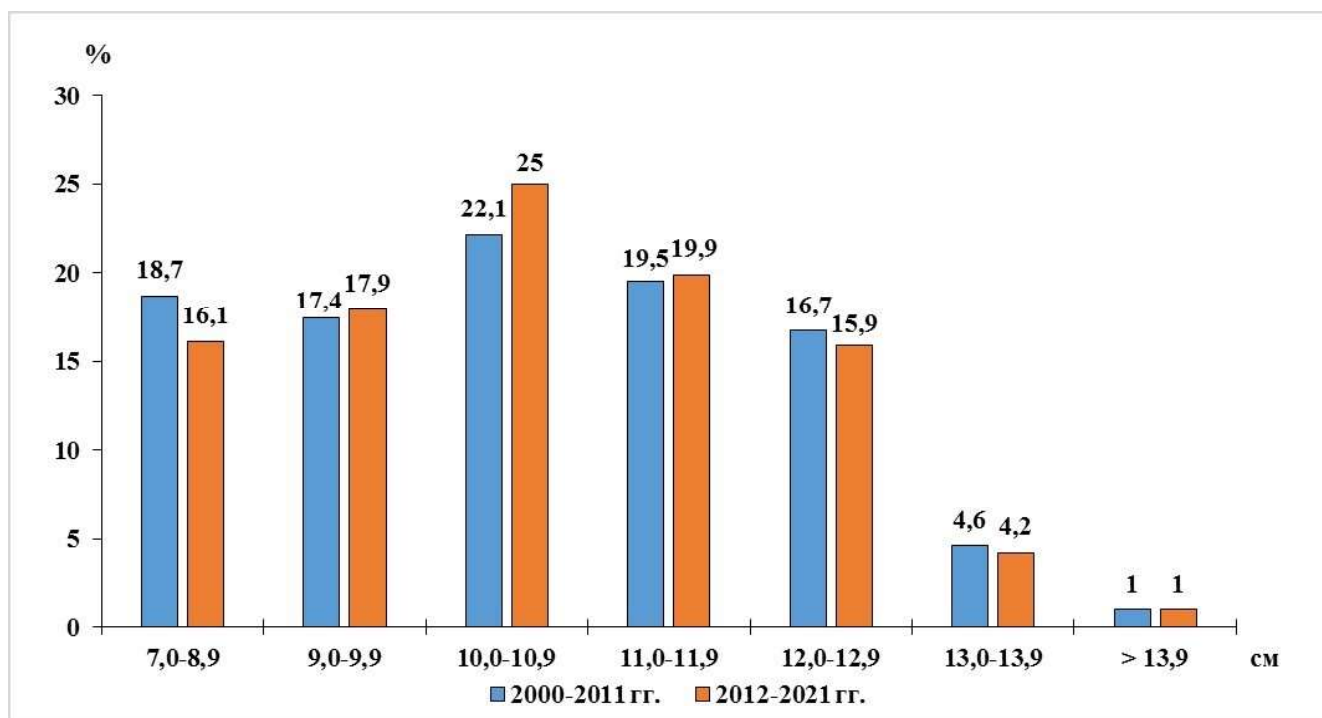


Рис. 3. Структура популяции раков в бассейне р. Сал в 2000–2021 гг.

Fig. 3. Structure of the crayfish population in the Sal River Basin in 2000–2021

При оценке солевого состава воды водотоков бассейна р. Сал в исследуемый период с 2016 г. установлены синхронное увеличение содержания в воде сульфатов и хлоридов, повышение общей

минерализации воды и смена типа вод с гидрокарбонатного на сульфатный. Данные изменения концентраций и соотношения солеобразующих ионов обусловлены снижением водности и атмосферных

осадков, а также увеличением роли грунтовых и подземных вод в питании рек в современных условиях климатических изменений. По уровню общей минерализации вода в бассейне р. Сал в преобладающем большинстве водотоков являлась сильносоленовой, но пригодной для развития раков.

Негативного влияния на рост и размножение раков концентраций приоритетных токсикантов и действующих веществ пестицидов современных классов, обнаруженных в воде и донных отложениях в устье р. Сал, не выявлено.

Анализируя в сравнительном аспекте количественные показатели популяции, следует отметить, что в результате изменений среды обитания раков, выраженных в изменении ряда климатических параметров (рост температуры воздуха, снижение водности в бассейне р. Сал) и, соответственно, повлекших за собой рост минерализации, наблюдается тенденция снижения ракопродуктивности популяции раков в бассейне р. Сал. Однако, сохранение относительно благоприятного для жизнедеятельности придонных видов водных биологических ресурсов гидрохимического режима и низкого уровня антропогенного загрязнения воды и донных отложений приоритетными токсикантами позволяет популяции сохранять стабильную размерную структуру и близкие количественные показатели размерных групп раков и плодовитости.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ «ВНИРО» № 076-00007-22-00 часть II раздел 8 «Проведение научных исследований» (календарный план подтема 9.7 «Анализ антропогенного влияния на раков в водных объектах Азово-Черноморского, Волжско-Каспийского, Западно-Сибирского рыбохозяйственных бассейнов»).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джамалов Р.Г., Киреева М.Б., Косолапов А.Е., Фролова Н.Л. Водные ресурсы бассейна Дона и их экологическое состояние. М.: ГЕОС, 2017. 204 с.
2. Гостищев В.Д., Пономаренко Т.С., Бреева А.В. Анализ водохозяйственного комплекса р. Сал // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 1 (69). С. 67–71.
3. Сазонов А.Д., Решетняк О.С., Закруткин В.Е. Изменчивость гидрохимических характеристик рек Сал и Западный Маныч в условиях современного антропогенного воздействия и климатических изменений (в пределах Ростовской области) // Наука Юга России. 2021. Т. 17, № 1. С. 21–36. doi: 10.7868/S25000640210103.
4. Жукова С.В., Полякова Т.И., Фандеева Л.А., Фоменко И.Ф. Гидролого-экологические исследования притоков верховья р. Сал на примере участка р. Кара-Сал // Основные проблемы рыбного хозяйства и охрана рыбохозяйственных водоемов Азовского бассейна : сб. науч. тр. АзНИИРХ. Ростов-н/Д.: Изд-во АзНИИРХ, Полиграф, 1996. С. 141–145.
5. Водные объекты. Река Сал // Вода России: научно-популярная энциклопедия. URL: <https://water-ru.ru/Сал> (дата обращения 01.08.2022).
6. Погода и климат. Климатический монитор. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/34759> (дата обращения 01.08.2022).
7. Зинчук О.А., Валиуллин В.А., Бугаев Л.А., Войкина А.В., Карпушина Ю.Э. Способ определения пестицидов в биологическом материале с использованием ВЭЖХ. Номер патента RU 2598733 С2 от 27.09.2016. Заявка № 2014154539/15 от 31.12.2014.
8. Глушко Е.Ю. Состояние популяций, запасов и промысла раков в водоемах Ростовской области в период 2012–2018 гг. // Водные биоресурсы и среда обитания. 2019. Т. 2, № 3. С. 68–74. doi: 10.47921/2619-1024\_2019\_2\_3\_68.
9. Основные гидрологические характеристики водных объектов бассейна реки Дон : науч.-прикл. справочник / Под ред. В.Ю. Георгиевского. СПб: Свое издательство, 2020. 262 с.
10. Лурье П.М., Панов В.Д. Река Дон: гидрография и режим стока. Ростов-н/Д.: Донской издательский дом, 2018. 592 с.
11. Черкашина Н.Я., Беляева В.А., Карпенко В.Н., Порошина Е.А., Тевяшова О.Е., Глушко Е.Ю. Современное состояние популяции длиннопалого кубанского рака и пути восстановления его численности в водоемах Нижнего Дона // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна : сб. науч. тр. (1996–1997 гг.). Ростов-н/Д., 1998. С. 225–234.
12. Толстихин Н.И. Гидрогеологическая структура Земли — основа размещения минеральных вод // Закономерности формирования и распространения минеральных вод СССР. М.: Наука, 1975. С. 5–11.
13. Никаноров А.М., Барцев О.Б., Гарькуша Д.Н., Зубков Е.А. Масштабы подтопления, режим и качество грунтовых вод застроенных территорий юга Ростовской области // Вестник Южного научного центра. 2015. Т. 11, № 3. С. 66–80.
14. Саенко Е.М., Марушко Е.А., Горбенко Е.В. Предпосылки рационального природопользования водных объектов бассейна р. Сал // Стратегия устойчивого развития

- чивого развития регионов России : матер. XXXVII Всерос. науч.-практ. конф. (г. Новосибирск, 12 января – 17 февраля 2017 г.). / Под ред. С.С. Чернова. Новосибирск: Изд-во Центра развития научного сотрудничества, 2017. С. 91–99.
15. Валиуллин В.А., Зинчук О.А., Карпушина Ю.Э. Пестициды современных классов в воде и донных отложениях реки Дон // Водные биоресурсы и среда обитания. 2021. Т. 4, № 3. С. 7–13. doi: 10.47921/2619-1024\_2021\_4\_3\_7.
  16. Ушивцев В.Б., Галактионова М.Л., Котеньков С.А., Сеницына Т.А., Ахмедова Г.А., Шозаи М.Г. Состояние популяции раков (Astacidae) восточного побережья Каспийского моря // Юг России: экология, развитие. 2021. Т. 16, № 4. С. 8–17. doi: 10.18470/1992-1098-2021-4-8-17.
  17. Черкашина Н.Я., Глушко Е.Ю., Глотова И.А., Порошина Е.А. Популяции раков семейства Astacidae в водоемах Нижнего Дона на современном этапе // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна : сб. науч. тр. (2008–2009 гг.). Ростов-н/Д.: Изд-во АзНИИРХ, 2011. С. 206–219.
  18. Глушко Е.Ю., Глотова И.А. Современное состояние зооценозов Нижнего Дона // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна : сб. науч. тр. (2000–2001 гг.). Ростов-н/Д.: Изд-во АзНИИРХ, 2002. С. 403–412.
- ## REFERENCES
1. Dzhamalov R.G., Kireeva M.B., Kosolapov A.E., Frolova N.L. Vodnye resursy basseyna Dona i ikh ekologicheskoe sostoyanie [Water resources of the Don River Basin and their ecological status]. Moscow: GEOS Publishers, 2017, 204 p. (In Russian).
  2. Gostishchev V.D., Ponomarenko T.S., Breeva A.V. Analiz vodokhozyaystvennogo kompleksa r. Sal [Water industry complex analysis of the River Sal]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture]*, 2018, no. 1 (69), pp. 67–71. (In Russian).
  3. Sazonov A.D., Reshetnyak O.S., Zakrutkin V.E. Izmenchivost' gidrokhimicheskikh kharakteristik rek Sal i Zapadnyu Manych v usloviyakh sovremennogo antropogennogo vozdeystviya i klimaticheskikh izmeneniy (v predelakh Rostovskoy oblasti) [Variability of hydrochemical characteristics of Sal and West Manych Rivers under conditions of modern anthropogenic impact and climatic changes (within Rostov Region)]. *Nauka Yuga Rossii [Science in the South of Russia]*, 2021, vol. 17, no. 1, pp. 21–36. doi: 10.7868/S25000640210103. (In Russian).
  4. Zhukova S.V., Polyakova T.I., Fandeeva L.A., Fomenko I.F. Gidrologo-ekologicheskie issledovaniya pritokov verkhov'ya r. Sal na primere uchastka r. Kara-Sal [Hydrological and ecological studies of the tributaries of the Sal River Upper Reaches on the example Kara-Sal River section]. In: *Osnovnye problemy rybnogo khozyaystva i okhrany rybokhozyaystvennykh vodoemov Azovo-Chernomorskogo basseyna : sbornik nauchnykh trudov AzNIIRKH [The main problems of fisheries and protection of waterbodies with fisheries in the Azov and Black Sea Basin. Collection of research papers of AzNIIRKH]*. Rostov-on-Don: AzNIIRKH Publ., Poligraf [Polygraph], 1996, pp. 141–145. (In Russian).
  5. Vodnye ob"ekty. Reka Sal [Water bodies. Sal River]. In: *Voda Rossii: nauchno-populyarnaya entsiklopediya [Waters of Russia. Popular science encyclopedia]*. Available at: <https://water-ru.ru/Sal> (accessed 01.08.2022). (In Russian).
  6. Pogoda i klimat. Klimaticheskii monitor [Weather and climate. Climate monitoring]. Available at: <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/34759> (accessed 01.08.2022). (In Russian).
  7. Zinchuk O.A., Valiullin V.A., Bugaev L.A., Voykina A.V., Karpushina Yu.E. Sposob opredeleniya pestitsidov v biologicheskom materiale s ispol'zovaniem VEZhKh [Method for identification of the pesticides in biological samples using HPLC]. Patent number RU 2598733 C2 dated 27.09.2016. Appl. no. 2014154539/15 dated 31.12.2014. (In Russian).
  8. Glushko E.Yu. Sostoyanie populyatsiy, zapasov i promysla rakov v vodoemakh Rostovskoy oblasti v period 2012–2018 gg. [Status of populations, stocks and harvesting of crayfish in the Rostov Region in 2012–2018]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya [Aquatic Bioresources & Environment]*, 2019, vol. 2, no. 3, pp. 68–74. doi: 10.47921/2619-1024\_2019\_2\_3\_68. (In Russian).
  9. Osnovnye gidrologicheskie kharakteristiki vodnykh ob"ektov basseyna reki Don : nauchno-prikladnoy spravochnik [Main hydrological characteristics of water bodies of the Don River Basin. Scientific and applied handbook]. V.Yu. Georgievskiy (Ed.). Saint Petersburg: Svoe izdatel'stvo [Publishing House of Our Own], 2020, 262 p. (In Russian).
  10. Lurye P.M., Panov V.D. Reka Don: gidrografiya i rezhim stoka [Don River: Hydrography and flow regime]. Rostov-on-Don: Donskoy izdatel'skiy dom [Don Publishing House], 2018, 592 p. (In Russian).
  11. Cherkashina N.Ya., Belyaeva V.A., Karpenko V.N., Poroshina E.A., Tevyashova O.E., Glushko E.Yu. Sovremennoe sostoyanie populyatsii dlinnopalogo kubanskogo raka i puti vosstanovleniya ego chislennosti v vodoemakh Nizhnego Dona [The current state of the long-clawed Kuban crayfish population and ways to restore its abundance in the water bodies of the Lower Don]. In: *Osnovnye problemy rybnogo khozyaystva i okhrany rybokhozyaystvennykh vodoemov Azovo-Chernomorskogo basseyna : sbornik*



- nauchnykh trudov AzNIIRKH (1996–1997 gg.)* [The main problems of fisheries and protection of waterbodies with fisheries in the Azov Sea Basin. Collection of research papers of AzNIIRKH (1996–1997)]. Rostov-on-Don: AzNIIRKH Publ., 1998, pp. 225–234. (In Russian).
12. Tolstikhin N.I. Hidrogeologicheskaya struktura Zemli — osnova razmeshcheniya mineral'nykh vod [Hydrological structure of the Earth as the basis for the placement of mineral waters]. In: *Zakonomernosti formirovaniya i rasprostraneniya mineral'nykh vod SSSR* [Patterns of formation and distribution of mineral waters of the USSR]. Moscow: Nauka [Science], 1975, pp. 5–11. (In Russian).
  13. Nikanorov A.M., Bartsev O.B., Garkusha D.N., Zubkov E.A. Masshtaby podtopleniya, rezhim i kachestvo gruntovykh vod zastroyennykh territoriy yuga Rostovskoy oblasti [Scales of flooding, regime and quality of groundwater of the built-up territories of the Southern Rostov Region]. *Vestnik Yuzhnogo nauchnogo tsentra* [Bulletin of the Southern Scientific Center], 2015, vol. 11, no. 3, pp. 66–80. (In Russian).
  14. Saenko E.M., Marushko E.A., Gorbenko E.V. Predposylki ratsional'nogo prirodopol'zovaniya vodnykh ob"ektov basseyna r. Sal [Prerequisites for rational environmental management of the water bodies in the Sal River Basin]. In: *Strategiya ustoychivogo razvitiya regionov Rossii : materialy XXXVII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (g. Novosibirsk, 12 yanvarya – 17 fevralya 2017 g.)* [Strategy for sustainable development of Russian regions. Proceedings of the 37<sup>th</sup> All-Russian Research and Practice Conference (Novosibirsk, 12 January – 17 February, 2017)]. S.S. Chernov (Ed.). Novosibirsk: Tsentr razvitiya nauchnogo sotrudnichestva [Center for Science Collaboration Development] Publ., 2017, pp. 91–99. (In Russian).
  15. Valiullin V.A., Zinchuk O.A., Karpushina Yu.E. Pestitsidy sovremennykh klassov v vode i donnykh otlozheniyakh reki Don [Pesticides of modern classes in the water and bottom sediments of the Don River]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya* [Aquatic Bioresources & Environment], 2021, vol. 4, no. 3, pp. 7–13. doi: 10.47921/2619-1024\_2021\_4\_3\_7. (In Russian).
  16. Ushivtsev V.B., Galaktionova M.L., Kotenkov S.A., Sinitsyna T.A., Akhmedova G.A., Shozai M.G. Sostoyanie populyatsii rakov (Astacidae) vostochnogo poberezh'ya Kaspiyskogo morya [Status of crayfish populations (Astacidae) on the eastern coast of the Caspian Sea]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie* [South of Russia: Ecology, Development], 2021, vol. 16, no. 4, pp. 8–17. doi: 10.18470/1992-1098-2021-4-8-17. (In Russian).
  17. Cherkashina N.Ya., Glushko E.Yu., Glotova I.A., Poroshina E.A. Populyatsii rakov semeystva Astacidae v vodoemakh Nizhnego Dona na sovremennom etape [Populations of crayfish of the family Astacidae in the water bodies of the Lower Don at the present time]. In: *Osnovnye problemy rybnogo khozyaystva i okhrany rybokhozyaystvennykh vodoemov Azovo-Chernomorskogo basseyna : sbornik nauchnykh trudov (2008–2009 gg.)* [The main problems of fisheries and protection of waterbodies with fisheries in the Azov Sea Basin. Collection of research papers of AzNIIRKH (2008–2009)]. Rostov-on-Don: AzNIIRKH Publ., 2011, pp. 206–219. (In Russian).
  18. Glushko E.Yu., Glotova I.A. Sovremennoe sostoyanie zoosenozov Nizhnego Dona [Current status of the Lower Don zoocenoses]. In: *Osnovnye problemy rybnogo khozyaystva i okhrany rybokhozyaystvennykh vodoemov Azovo-Chernomorskogo basseyna : sbornik nauchnykh trudov (2000–2001 gg.)* [The main problems of fisheries and protection of waterbodies with fisheries in the Azov Sea Basin. Collection of research papers of AzNIIRKH (2000–2001)]. Rostov-on-Don: AzNIIRKH Publ., 2002, pp. 403–412. (In Russian).

Поступила 18.07.2022

Принята к печати 09.08.2022