

**Н. М. Иванютин, С. В. Подовалова**

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь,  
Российская Федерация

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ**

Главной целью исследований являлось изучение экологического состояния р. Бодрак (главного притока р. Альмы) с использованием нескольких методов. Для этого были выбраны створы по длине реки, которые подвергаются различной по интенсивности антропогенной нагрузке. Исследования проводились с использованием стандартного метода анализа химического состава вод реки, а также с помощью метода биотестирования, который заключался в проращивании семян тест-культур в отобранных пробах воды и сравнении длины сформировавшейся корневой системы с контролем на дистиллированной воде. В качестве тест-культур использовались семена кресс-салата сорта Дукан (двудольное растение) и пшеницы мягкой яровой (однодольное растение). В низовье реки было зафиксировано превышение содержания сульфатов, которое достигало 2,3 ПДК. При этом увеличение содержания данного компонента отмечено после прохождения реки через с. Скалистое, с очистных сооружений которого в реку сбрасываются недостаточно очищенные стоки. В верховье р. Бодрак (створ № 1) было выявлено аномальное содержание свинца, превышающее нормы в 12 раз. Однако в устье реки (створ № 6) содержание данного элемента снизилось до допустимых норм. Также в верховье реки обнаружен кадмий в концентрациях 0,4 ПДК. Цинк в отобранных пробах не обнаружен. Фитотоксичность тестируемых вод проявилась в стимулировании развития корневой системы тест-растений (пшеницы), которая в контакте с исследуемыми водами развивалась с ускорением роста. Тест-культуры одинаково отреагировали на исследуемую воду, что свидетельствует об их высокой чувствительности, выраженной в ответных тест-реакциях на присутствие в воде поллютантов (таких как сульфаты, магний, кальций, свинец) и жесткость (эти показатели превышали ПДК). Резкий скачок в виде увеличения токсичности воды также произошел после прохождения водотока через с. Скалистое.

Ключевые слова: р. Бодрак, р. Альма, Республика Крым, биотестирование, экологическое состояние, мониторинг, тест-культура, токсичность.

**N. M. Ivanyutin, S. V. Podovalova**

Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russian Federation

## **ENVIRONMENTAL MONITORING OF SURFACE WATER USING ADVANCED METHODS**

The main goal of the research was to study the ecological state of the river Bodrak (main tributary of the Alma River) using several methods. For this purpose, the sections along the length of the river subjected to an anthropogenic load of different intensities were chosen. The studies were carried out with a standard method of analyzing the chemical composition of the river waters, and also by a biotesting method which consisted in germinating the seeds of testing cultures in selected water samples and comparing the length of the formed root system

with the control one on the distilled water. Seeds of cress (*Lepidium sativum*) Ducan (dicotyledon plant) and spring soft wheat (*Triticum vulgare*) (monocotyledonous plants) were used as test cultures. The excess of sulfate content which reached 2.3 MPC (maximum permissible concentration) was recorded in the lower reaches of the river. At the same time the increase in the content of this component is noted after passing through Skalistoe village, where the insufficiently purified effluents from the treatment facilities are discharged into the river. In the upper reaches of the river Bodrak (control section no. 1), there was an anomalous lead content exceeding the standard by 12 times. However, at the mouth of the river (control section no. 6), the content of this element decreased to acceptable standards. Also in the upper reaches of the river cadmium concentrations of 0.4 MPC were found. Zinc in the selected samples was not detected. The phytotoxicity of the tested waters was manifested in stimulating the development of the root system of testing plants (wheat), which developed with growth acceleration in contact with the investigated waters. The testing cultures responded equally to the investigated water which indicates their high sensitivity expressed in response test reactions to the presence of pollutants (such as sulfates, magnesium, calcium, lead) in water and stiffness (these values exceeded the MPC). A sharp jump in the form of water toxicity increase also occurred after the watercourse passing through Skalistoe village.

Key words: river Bodrak, river Alma, Republic of Crimea, biotesting, ecological state, monitoring, testing culture, toxicity.

**Введение.** Проблема экологического состояния водных объектов является актуальной для всего Крыма. Загрязнение поверхностных и подземных водных ресурсов еще больше усилилось после перекрытия Северо-Крымского канала, что связано с ухудшением самоочищающей способности водотоков из-за увеличивающихся объемов отбора местных водных ресурсов для удовлетворения потребностей всех секторов народного хозяйства Крыма и сбросов загрязненных стоков в водные объекты.

Объект исследований – р. Бодрак, которая является самым длинным (длина составляет 17,8 км) и многоводным притоком р. Альмы. Несмотря на небольшую протяженность, река протекает через несколько крупных сел Бахчисарайского района: Прохладное, Трудолюбовку, Новопавловку, в которых отсутствует канализация, а также с. Скалистое, имеющее очистные сооружения, стоки которых сбрасываются в реку. Отсутствие очистных сооружений приводит к тому, что воды реки, содержащие различные загрязняющие вещества, попадают в р. Альму, поверхностные воды которой, как и главной водной артерии полуострова – р. Салгир, имеют большое хозяйственно-питьевое и сельскохозяйственное значение. Так, в 2015 г. отбор вод в бассейне р. Альмы для нужд народного хозяйства составил

28,36 млн м<sup>3</sup>, что превышает установленный лимит забора (27,38 млн м<sup>3</sup>). В 2013 г. забор составлял 26,78 млн м<sup>3</sup>. Основным потребителем водных ресурсов остается коммунальное хозяйство, на втором месте идет промышленность, а на третьем – орошаемое земледелие. Объемы забора пресной воды возросли ввиду перехода на использование только местных водных ресурсов после перекрытия Северо-Крымского канала, данная тенденция отмечается с 2014 г. по всем водотокам полуострова.

В условиях увеличивающегося антропогенного воздействия на водотоки Крыма актуальным стал вопрос оценки их экологического состояния. В настоящее время насчитывается около 10 млн поллютантов, а некоторые нетоксичные элементы при их комбинированном взаимодействии способны оказывать токсическое воздействие на флору и фауну водоемов, а также на выращиваемые сельскохозяйственные культуры при использовании этих вод для целей ирригации.

Определение всех компонентов, присутствующих в воде, с помощью стандартного химического анализа является сложной и дорогостоящей процедурой, поэтому метод фитотестирования стал более широко использоваться для экотоксической оценки различных категорий вод с точки зрения их влияния на окружающую среду. В Крыму метод биотестирования был успешно применен в 90-х гг. прошлого столетия в Красноперекопском промышленном районе для изучения состояния подземных и поверхностных вод, почв (водные вытяжки), атмосферных осадков (снег, дождь) Н. Ю. Ермаковой [1–3]. В США и большинстве стран Европы наряду с традиционными методами анализа широко используется биотестирование для поверхностных водоемов и подземных вод [4, 5]. Авторами данной работы метод фитотестирования апробирован в 2017 г. на нескольких водотоках Крыма. Результаты этих исследований приведены в предыдущих работах [6–8].

**Материалы и методы.** Оценка вод по результатам химического

анализа и экспериментальная часть исследований (биотестирование) были выполнены в весенне-летний период 2018 г. Данный метод оценки экологического состояния водного объекта был применен согласно «Правилам охраны поверхностных вод» [9], в которых фитотестирование является обязательным элементом при изучении экологического состояния водных объектов. Опыты с использованием данного метода проводились по СанПиН 2.1.7.573-96 [10]. Данный вид биотестирования относится к краткосрочному, так как проращивание семян тест-культур осуществляется в течение 3 сут, что позволяет определять острое токсическое влияние изучаемых вод на развитие корневой системы тест-объекта. Главным показателем токсичности является средняя длина корней проростков в исследуемой воде в сравнении с контролем на дистиллированной воде. Фитотестирование проводили в лаборатории при температуре от +27 до +30 °С в четырехкратной повторности, все пробы воды вместе с проращиваемыми семенами находились в одинаковых условиях (освещенность, температура). Выбор тест-растений был осуществлен в соответствии с ГОСТ 32627-2014 [11]. Согласно данному стандарту при биотестировании необходимо использовать не менее двух видов растений, при этом одно из них должно относиться к двудольным (был выбран *Lepidium sativum* (кресс-салат)), а второе – к однодольным (им стал *Triticum* (пшеница)).

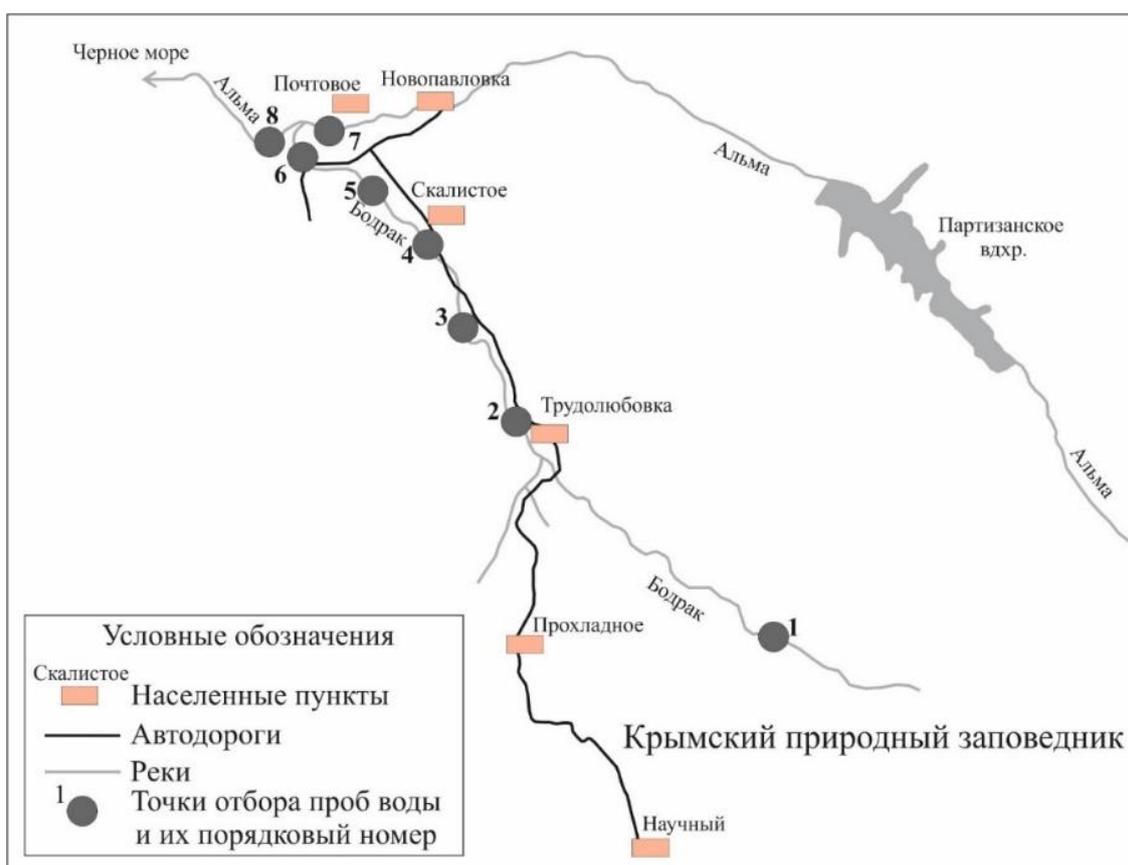
Комплексные экологические исследования вод р. Бодрак включали:

- натурные обследования водотока с отбором проб воды в выбранных створах, расположенных по длине реки;
- оценку качества отобранных проб воды по результатам полученных химических анализов (основных анионов и катионов, а также некоторых тяжелых металлов);
- изучение экотоксичности вод с использованием метода биотестирования на модульных растениях;

- заключение об экологическом состоянии водного объекта на основании обобщения проведенных исследований.

Оценку качества воды проводили с использованием нормативов предельно допустимой концентрации (ПДК) для водотоков рыбохозяйственного значения [12], установленные нормы которой защищают всю водную экосистему в целом, и СанПиН 2.1.4.1175-02 [13] (жесткость, pH).

**Точки отбора образцов воды.** Выбор количества и местоположения створов наблюдений производился на основе РД 52.24.309-2016 «Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши» [14]. В результате было организовано шесть наблюдательных створов на р. Бодрак, охватывающих всю длину реки, и два дополнительных на р. Альме (до и после ее слияния с исследуемой рекой). Месторасположение точек отбора проб воды отражено на рисунке 1 и в таблице 1.



**Рисунок 1 – Карта-схема месторасположения точек отбора проб воды в р. Бодрак**

**Таблица 1 – Результаты химического анализа отобранных проб воды и их соответствие нормам ПДК по Приказу Минсельхоза России от 13 декабря 2016 г. № 552 [12] и СанПиН 2.1.4.1175-02 [13]**

 В мг/дм<sup>3</sup>

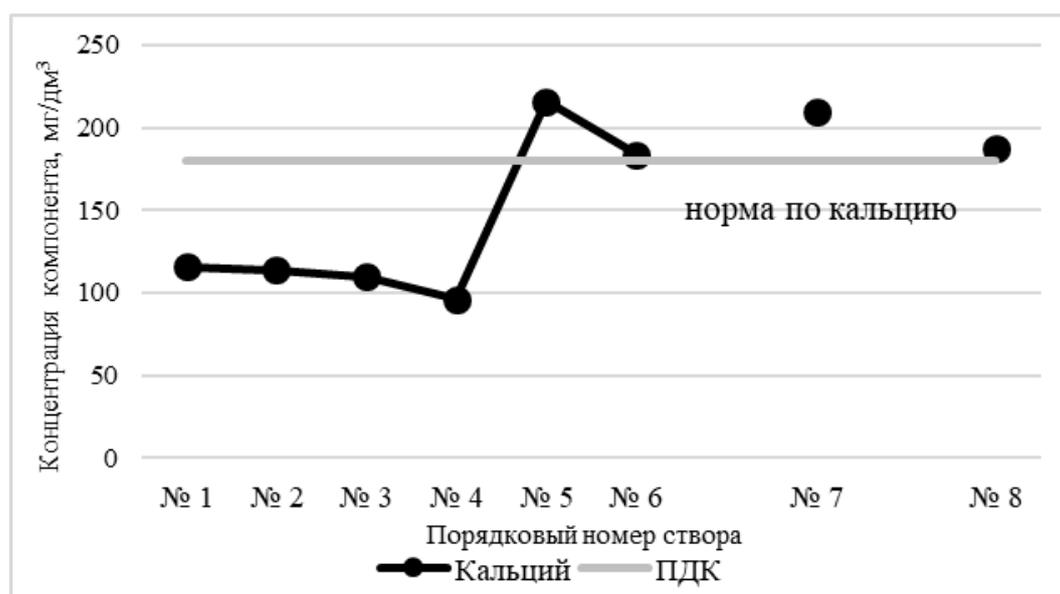
Порядковый номер створа и его место расположения	Су-хой остаток	рН	Жест-кость, мг-экв/дм <sup>3</sup>	Раство-ренный кислород	Анион				Катион				Тяжелые металлы			
					HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Pb	Zn	Cd	Cu
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1) р. Бодрак верховье	222	<b>8,6</b>	<b>10,4</b>	11,7	256	57	50	1,5	116	<b>55</b>	28	4,8	<b>0,072</b>	н.о.	0,002	0,0001
2) р. Бодрак после с. Трудолюбовка	370	8,36	9,8	11,6	246	50	93	2,4	114	<b>49</b>	23	2,5	н.оп.	н.оп.	н.оп.	н.оп.
3) р. Бодрак до с. Скалистого	314	8,37	8,8	11,3	244	50	93	2,2	110	<b>40</b>	23	2,5	н.оп.	н.оп.	н.оп.	н.оп.
4) р. Бодрак с. Скалистое	326	8,34	9,1	11,5	245	50	90	1,6	96	<b>52</b>	23	2,5	н.оп.	н.оп.	н.оп.	н.оп.
5) р. Бодрак после с. Скалистого	592	<b>8,78</b>	<b>15,0</b>	12,0	354	67	<b>230</b>	7,4	<b>216</b>	<b>53</b>	42	6	н.оп.	н.оп.	н.оп.	н.оп.
б) р. Бодрак устье	636	<b>8,66</b>	<b>12,4</b>	11,4	335	68	<b>230</b>	7,1	<b>184</b>	38	42	4,3	0,001	н.о.	н.о.	н.о.
7) р. Альма с. Почтовое до сли-яния с р. Бодрак	668	<b>8,57</b>	<b>15,2</b>	11,1	366	77	<b>320</b>	5,4	<b>210</b>	<b>56</b>	55	7,3	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
8) р. Альма с. Почтовое после слияния с р. Бодрак	690	8,28	<b>12,8</b>	11,8	337	77	<b>324</b>	6,2	<b>188</b>	<b>41</b>	60	5,2	н.о.	н.о.	0,002	н.о.
р. Бодрак 1992 г. (паспортные дан-ные) по З. В. Тим-ченко [15]	675	8,0	<b>8,42</b>	8,41	309	58,5	<b>130</b>	0,08	125	26,7	17,4	6,4	0,0008	н.оп.	н.оп.	<b>0,003</b>

Продолжение таблицы 1

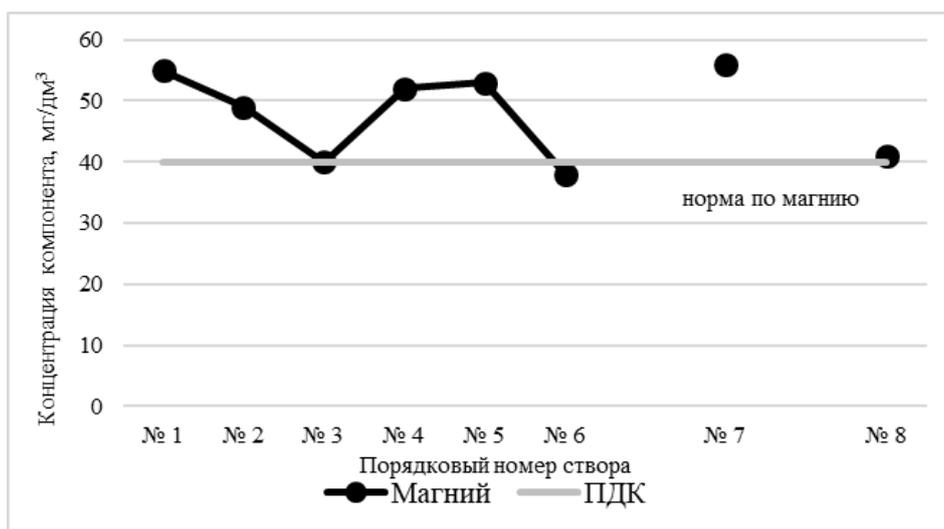
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
р. Альма 1992 г. (паспортные данные) по З. В. Тимченко [15]	496	8,3	6,51	8,29	230	77,9	76,3	0,005	16	<b>69,4</b>	19,7	6,3	0,00055	н.оп.	н.оп.	<b>0,0012</b>
Норма ПДК по при- казу Минсельхоза [12]	1000	6,5– 8,5 по Сан- ПиН [13]	7,0–10 по СанПиН [13]	Не ниже 6,0	нн.	300	100	40	180	40	120	50	0,006	0,01	0,005	0,001
Примечание – Жирным отмечены компоненты, концентрации которых превышают ПДК; нн. – не нормируется, н.о. – не обнаружен; н.оп. – не определялся.																

**Подготовка проб воды.** Пробы воды были разделены на две части: одна использовалась для проведения фитотестирования, а вторая – для выполнения химического анализа, результаты которого приведены в таблице 1. В пробах воды определялись следующие компоненты: сухой остаток, рН, жесткость,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , а также ряд тяжелых металлов: Cd, Pb, Cu, Zn. Содержание тяжелых металлов определялось с помощью вольтамперометрического анализатора АКВ-07МК («Аквилон»). Концентрация растворенного кислорода, являющегося важным компонентом экологического состояния водотока, показывающего возможность существования в нем живых организмов, определялась в полевых условиях с помощью кислородомера АТТ-3010 («Актаком»).

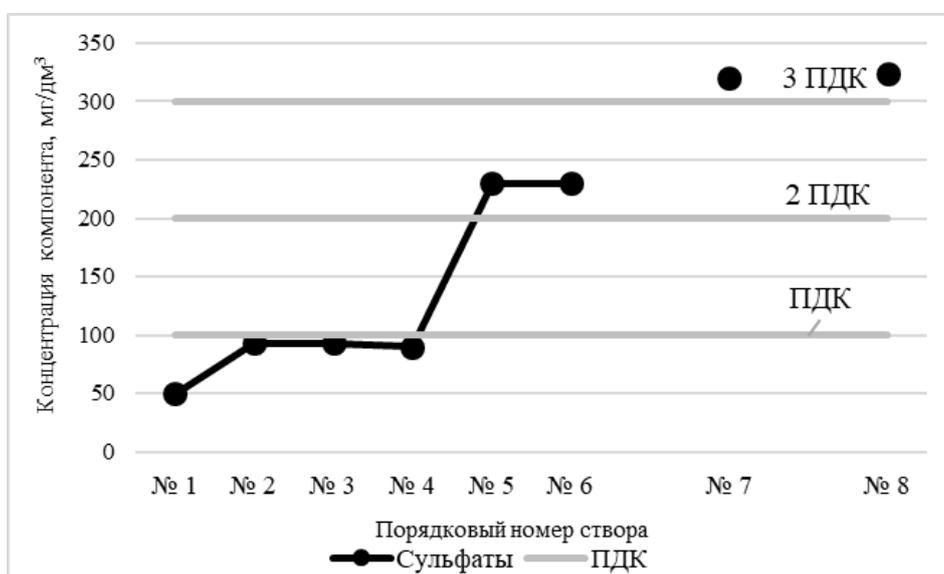
**Результаты и обсуждение.** На основании результатов химического анализа проб воды были построены графики, отражающие содержание химических элементов, концентрации которых превышают нормативные значения (рисунки 2–5). Для сравнения качества вод р. Бодрак (створы № 1–6) и Альмы (створы № 7, 8) данные об их химическом составе приведены на одной диаграмме.



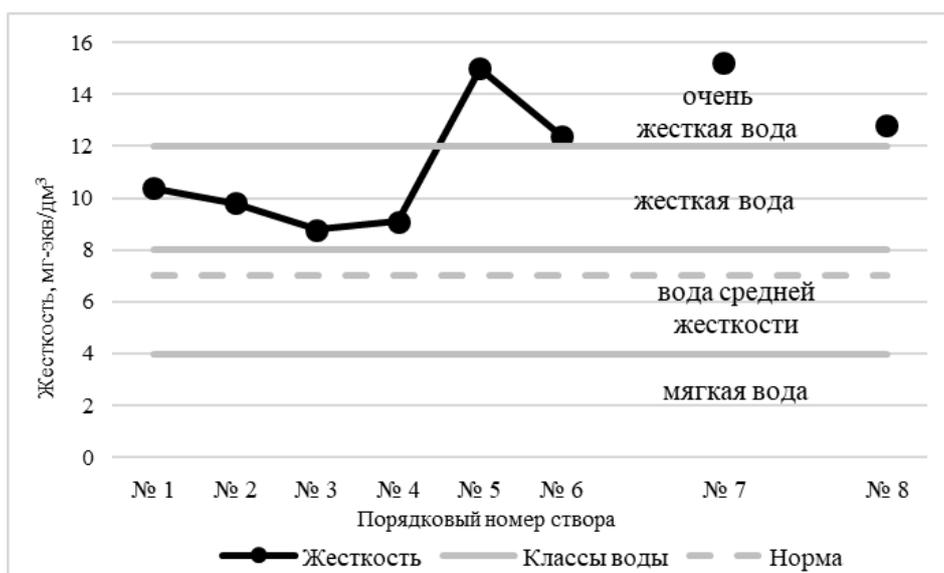
**Рисунок 2 – Концентрация кальция в водах р. Бодрак и Альмы**



**Рисунок 3 – Концентрация магния в водах р. Бодрак и Альмы**



**Рисунок 4 – Концентрация сульфатов в водах р. Бодрак и Альмы**



**Рисунок 5 – Динамика показателя жесткости вод р. Бодрак и Альмы**

Анализируя данные рисунков 2–5 и таблицы 1, можно констатировать, что качество речной воды вниз по течению подвергается сильному изменению, что связано с увеличением антропогенной нагрузки (протеканием через неканализованные села, сбросом недостаточно очищенных сточных вод и т. п.). Так, величина сухого остатка возросла почти в 3 раза с 222 (верховье) до 636 мг/дм<sup>3</sup> (устье). Также в воде были зафиксированы повышенные концентрации ионов кальция и магния, которые превышают значения ПДК. При этом содержание магния превышает нормы во всех створах, за исключением створа № 6, а концентрация кальция превышает ПДК только в створах № 5, 6, а также в створах на р. Альме. Из-за высокого содержания кальция и магния расчетная величина жесткости речной воды (норма 7 мг-экв/дм<sup>3</sup>) превышала нормативные показатели, достигая 2 ПДК в створах № 5, 7. Согласно классификации воды по данному показателю, после прохождения реки через с. Скалистое вода переходит из группы жесткой в группу очень жесткой, что негативно влияет как на человека при употреблении этих вод для питьевых нужд, так и на растения и почву при использовании ее для целей орошения.

Вызывает опасение превышение содержания сульфатов в низовье реки, которое достигает 2,3 ПДК. При этом увеличение содержания данного компонента также отмечено после прохождения реки через с. Скалистое, с очистных сооружений которого в реку сбрасываются недостаточно очищенные стоки. Если сравнить содержание сульфатов в водах р. Бодрак и Альмы, то в последней их концентрация достигает 3,2 ПДК, что связано с протеканием данного водотока через ряд неканализованных сел, впадением в нее 11 притоков, воды которых вносят свой вклад в качественные показатели, являющиеся не всегда благоприятными.

Присутствие сульфатов в водных объектах может быть обусловлено природными причинами (проникновением из почвы) и антропогенными (загрязнением сточными водами). В данном случае отсутствие повышен-

ной концентрации сульфатов у истока реки («фоновый створ») и ее возрастание по мере продвижения стока указывают на антропогенное загрязнение водотока.

Особое внимание было уделено определению количества тяжелых металлов (свинца, кадмия, меди, цинка), выбор которых основывался на их присутствии в речной воде при составлении «паспорта реки» в 1992 г. [15]. В нем данные элементы представлены наиболее характерными загрязнителями исследуемых вод. Рассмотрим динамику концентрации тяжелых металлов по длине реки.

**Медь, кадмий и цинк.** Сравнение содержания меди и кадмия в пробах воды с ПДК<sub>р-х</sub> показало, что прямой угрозы экосистеме они не несут, так как концентрация кадмия в верховье реки составляла 0,4 ПДК. Цинк в отобранных пробах не был обнаружен.

**Свинец.** Аномальное содержание свинца, превышающее значения ПДК в 12 раз, было зафиксировано в верховье реки. Наиболее вероятным источником загрязнения свинцом водных ресурсов является его перенос с загрязненными выбросами от автомобильного транспорта воздушными массами и выпадение осадков в экологически чистых районах. По этой же причине вероятно и загрязнение верховья реки кадмием.

Тяжелые металлы в водной среде очень опасны даже при малых количествах и могут стать причиной интоксикации. Свинец в живых организмах способен накапливаться в костях, печени и почках. Тяжелые металлы очень медленно выводятся из организма, что приводит к нарастанию его концентраций в организмах последующих трофических уровней. Кроме того, тяжелые металлы могут служить источниками вторичного загрязнения водоемов, так как они хорошо накапливаются в донных отложениях. Многие тяжелые металлы, такие как ртуть, кобальт, свинец, хром, цинк, медь, крайне токсичны не только для водной флоры и фауны, но и для человека. При этом при поливе водой, загрязненной тяжелыми металлами,

они попадают в почву и затем через выращенную продукцию в организм человека.

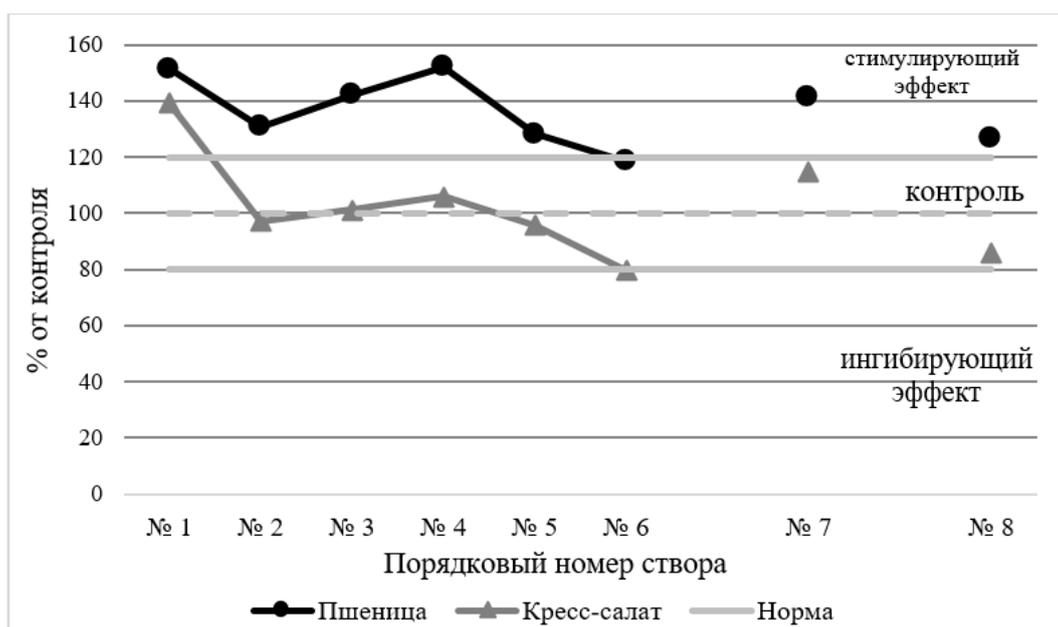
Если сравнивать содержание исследуемых компонентов в р. Бодрак, полученное в 2018 г., с данными «паспорта реки» [15], то за прошедшие 26 лет концентрация свинца увеличилась в 90 раз, нитратов – в 88 раз, натрия – в 2,4, сульфатов – в 1,77, магния – в 1,42, хлоридов – в 1,16, жесткость – в 1,47, минерализация – в 1,35 раза. Это еще одно свидетельство увеличивающейся антропогенной нагрузки на водные объекты полуострова.

При дальнейших исследованиях особое внимание будет уделено определению концентраций тяжелых металлов во всех организованных створах.

Проведенная оценка качественного состава проб, основанная на исследовании химического состава воды, не может дать корректную оценку токсичности вод р. Бодрак, так как по ней невозможно судить о влиянии всех веществ и соединений (тяжелых металлов, пестицидов и т. д.), содержащихся в воде, на живые организмы, потому что даже нетоксичные вещества при совместном воздействии могут оказывать сильный токсический эффект. Поэтому следующим этапом исследований было проведение фитотестирования (проращивания семян кресс-салата и пшеницы на исследуемых водах). После 72 ч эксперимента были измерены длины корней проростков, так как именно изменения (стимулирование или ингибирование) в развитии корневой системы в сравнении с контролем являются основной тест-реакцией растения на присутствие в воде поллютантов. Снижение или увеличение роста длины корней проростков семян по сравнению с контролем, принятым за 100 %, является критерием токсичности проб воды. Полученные результаты фитотестирования приведены на рисунке 6.

Анализируя данные рисунка 6, видим, что обе тест-культуры одинаково отреагировали на исследуемую воду, что свидетельствует об их высокой надежности в качестве тест-объектов. Как и в случае с содержанием сульфатов, резкий скачок в виде увеличения токсичности воды произошел

после прохождения водотока через с. Скалистое, однако развитие корневой системы не упало ниже 80 %. На семена пшеницы исследуемые воды оказали стимулирующий эффект (развитие корневой системы находится выше 120 %). Максимальный токсический эффект был получен в верховье реки. Это может быть связано с присутствием в воде данного створа высоких концентраций свинца, магния и кадмия. Также немаловажно, что качество вод р. Альмы после впадения в нее р. Бодрак заметно ухудшилось, что наглядно видно из результатов фитотеста.



**Рисунок 6 – Результаты фитотестирования (изменение длин корней проростков тест-культур по сравнению с контролем)**

Для получения более полной картины состояния водотока при проведении дальнейших исследований будет расширен список определяемых химических веществ (фосфаты, азот аммонийный), так как их повышенные концентрации способны оказывать негативное воздействие на окружающую среду. Наличие тяжелых металлов будет определяться в каждом створе реки.

*Исследования проводились при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 18-35-00077 мол\_а.*

## **Выводы**

1 Качество речной воды вниз по течению р. Бодрак подвергается сильному изменению, что связано с увеличением антропогенной нагрузки (протеканием через неканализованные села, сбросом недостаточно очищенных сточных вод и т. п.). Так, величина сухого остатка возросла почти в 3 раза с 222 (верховье) до 636 мг/дм<sup>3</sup> (устье). Также в воде были зафиксированы повышенные концентрации ионов кальция и магния, которые превышают значения ПДК.

2 В низовье реки зафиксировано превышение содержания сульфатов, которое достигает 2,3 ПДК. При этом увеличение содержания данного компонента отмечено после прохождения реки через с. Скалистое, с очистных сооружений которого в реку сбрасываются недостаточно очищенные стоки.

3 В верховье р. Бодрак (створ № 1) было выявлено аномальное содержание свинца, превышающее нормы в 12 раз. Однако в устье реки (створ № 6) содержание данного элемента снизилось до допустимых норм. Также в верховье реки обнаружен кадмий в концентрациях 0,4 ПДК. Цинк в отобранных пробах не обнаружен.

4 Если сравнивать содержание исследуемых компонентов в р. Бодрак, полученное в 2018 г., с данными «паспорта реки», то за прошедшие 26 лет концентрация свинца увеличилась в 90 раз, нитратов – в 88 раз, натрия – в 2,4, сульфатов – в 1,77, магния – в 1,42, хлоридов – в 1,16, жесткость – в 1,47, минерализация – в 1,35 раза. Это еще одно свидетельство увеличивающейся антропогенной нагрузки на водные объекты полуострова.

5 Опыты с использованием метода биотестирования выявили наличие токсических веществ в водах реки. Тест-культуры, использованные в тесте, одинаково отреагировали на исследуемую воду, что свидетельствует об их высокой надежности в качестве тест-объектов. Как и в случае с содержанием сульфатов, резкий скачок в виде увеличения токсичности воды произошел после прохождения водотока через с. Скалистое, однако

развитие корневой системы не упало ниже 80 %. На семена пшеницы исследуемые воды оказали стимулирующий эффект (развитие корневой системы находится выше 120 %). Максимальный токсический эффект был получен в верховье реки. Это может быть связано с присутствием в воде данного створа высоких концентраций свинца, магния, а также кадмия.

### **Список использованных источников**

1 Ермакова, Н. Ю. Биологическое тестирование состояния геологической среды в сфере влияния крупных промышленных предприятий Крыма / Н. Ю. Ермакова // Экологическая гидрогеология стран Балтийского моря: тез. докл. междунар. семинара. – СПб.: СПбГУ, 1993. – С. 139.

2 Ермакова, Н. Ю. Рекомендации по применению биотестирования для экспрессных геотоксикологических исследований подземной гидросферы и других объектов геологической среды / Н. Ю. Ермакова // Минеральные ресурсы Украины. – 2000. – № 2. – С. 41–42.

3 Ермакова, Н. Ю. Выявление очагов загрязнения природных вод методом биологического тестирования и актуальность его применения в экологическом мониторинге гидросферы Крыма / Н. Ю. Ермакова // Полевые практики в системе высшего образования: материалы Пятой всерос. конф., посвящ. 65-летию Крымской учеб. практики по геол. картированию Ленинградского-Санкт-Петербургского гос. ун-та; под ред. В. В. Аркадьева. – 2017. – С. 150–152.

4 Peltier, W. H. Impact of an industrial effluent on aquatic organismus: EPA region IV case history / W. H. Peltier // Environ. Hazard. Asses. Effluents. Proc. Pellston. Environ. Work Shop. Cady Wyo. – 1986. – P. 216–227.

5 Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms / U. S. Environmental Protection Agency, Office of Water (4303T). – 5th ed. – Washington, 2002. – 266 p.

6 Иванютин, Н. М. Использование растительных тест-систем в мониторинге экологического состояния водных объектов реки Салгир / Н. М. Иванютин, С. В. Подовалова // Экология и строительство. – 2017. – № 3. – С. 17–23.

7 Подовалова, С. В. Оценка качества вод реки Салгир с использованием метода биотестирования / С. В. Подовалова, Н. М. Иванютин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 3(27). – С. 127–143. – Режим доступа: [http://rosniipm-sm.ru/dl\\_files/udb\\_files/udb13-rec501-field6.pdf](http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec501-field6.pdf).

8 Иванютин, Н. М. Результаты комплексного экологического мониторинга реки Славянки / Н. М. Иванютин, С. В. Подовалова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 1(69). – С. 34–42.

9 Правила охраны поверхностных вод. Типовые положения. – М.: Госкомприроды, 1991. – 38 с.

10 Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения: СанПиН 2.1.7.573-96: утв. Госкомсанэпиднадзором России 31.10.96. – М.: Минздрав России, 1997. – 54 с.

11 ГОСТ 32627-2014. Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Наземные растения. Испытание на фитотоксичность. – Введ. 2015-06-01. – М.: Стандартиформ, 2015. – 20 с.

12 Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций

вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: Приказ М-ва сел. хоз-ва Рос. Федерации от 13 дек. 2016 г. № 552. – М., 2016. – 153 с.

13 Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников: СанПиН 2.1.4.1175-02: утв. Глав. гос. санитар. врачом Рос. Федерации 17.11.02: введ. в действие с 01.03.03. – М.: Минздрав России, 2003. – 122 с.

14 Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши: РД 52.24.309-2016: утв. зам. рук. Росгидромета 08.12.16. – Ростов н/Д., 2016. – 100 с.

15 Тимченко, З. В. Водные ресурсы и экологическое состояние малых рек Крыма / З. В. Тимченко. – Симферополь: Доля, 2002. – 152 с.

## References

1 Ermakova N.Yu., 1993. *Biologicheskoe testirovanie sostoyaniya geologicheskoy sredy v sfere vliyaniya krupnykh promyshlennykh predpriyatiy Kryma* [Biological testing of geological environment conditions in the sphere of influence of large industrial enterprises of the Crimea]. *Ekologicheskaya gidrogeologiya stran Baltiyskogo morya: tez. dokl. mezhdunar. seminara* [Ecological Hydrogeology of the Baltic Sea countries: Abstracts of International seminar]. St. Petersburg, St. Petersburg State University, p. 139. (In Russian).

2 Ermakova N.Yu., 2000. *Rekomendatsii po primeneniyu biotestirovaniya dlya ekspressnykh geotoksikologicheskikh issledovaniy podzemnoy gidrosfery i drugikh ob'yektov geologicheskoy sredy* [Recommendations on application of biotesting for express geotoxicological studies of the underground hydrosphere and other objects of the geological environment]. *Mineralnye resursy Ukrainy* [Mineral Resources of Ukraine], no. 2, pp. 41-42. (In Russian).

3 Ermakova N.Yu., 2017. *Vyyavlenie ochagov zagryazneniya prirodnykh vod metodom biologicheskogo testirovaniya i aktual'nost' yego primeneniya v ekologicheskoy monitoringe gidrosfery Kryma* [Detection of natural waters pollution foci by the method of biological testing and the urgency of its application in the ecological monitoring of the hydrosphere of the Crimea]. *Polevye praktiki v sisteme vysshego obrazovaniya: materialy Pyatoy vseros. konf., posvyashchennoy 65-letiyu Krymskoy uchebnoy praktiki po geol. kartirovaniyu Leningradskogo-Sankt-Peterburgskogo gos. un-ta* [Field practices in the system of higher education: materials of the Fifth All-Russian Conference, dedicated to the 65<sup>th</sup> anniversary of the Crimean academic practice on geological mapping of Leningrad-Saint-Petersburg State University], pp. 150-152. (In Russian).

4 Peltier W. H., 1986. Impact of an industrial effluent on aquatic organism: EPA region IV case history. *Environ. Hazard. Asses. Effluents. Proc. Pellston. Environ. Work Shop. Cady Wyo*, pp. 216-227. (In English).

5 *Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms*. US Environmental Protection Agency, Office of Water (4303T). 5<sup>th</sup> ed. Washington, 2002, 266 p. (In English).

6 Ivanyutin N.M., Podovalova S.V., 2017. *Ispol'zovanie rastitel'nykh testsistem v monitoringe ekologicheskogo sostoyaniya vodnykh ob'yektov reki Salgir* [Use of vegetative test systems in monitoring of the ecological status of water bodies of the Salgir river]. *Ehkologiya i stroitel'stvo* [Ecology and Construction], no. 3, pp. 17-23. (In Russian).

7 Podovalova S.V., Ivanyutin N.M., 2017. *Otsenka kachestva vod reki Salgir s ispol'zovaniyem metoda biotestirovaniya* [Evaluation of the water quality of the Salgir River by biotesting method]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii* [Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems], no. 3(27), pp. 127-143, available: [http://rosniipm-sm.ru/dl\\_files/udb\\_files/udb13-rec501-field6.pdf](http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec501-field6.pdf). (In Russian).

8 Ivanyutin N.M., Podovalova S.V., 2018. *Rezultaty kompleksnogo ekologicheskogo*

*monitoringa reki Slavyanki* [Results of the complex ecological monitoring of the Slavyanka River]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 1(69), pp. 34–42. (In Russian).

9 *Pravila okhrany poverkhnostnykh vod. Tipovye polozheniya* [Rules for Protecting Surface Waters. Typical Provisions]. Moscow, State Committee for Nature Protection, 1991, 38 p. (In Russian).

10 *SanPin 2.1.7.573-96. Gigienicheskie trebovaniya k ispol'zovaniyu stochnykh vod i ikh osadkov dlya orosheniya i udobreniya* [Hygienic requirements for the use of sewage and their precipitation for irrigation and fertilization]. Goskomsanepidnadzor of Russia, Moscow, 1997, 54 p. (In Russian).

11 *GOST 32627-2014. Metody ispytaniy khimicheskoy produktsii, predstavlyayushchey opasnost' dlya okruzhayushchey sredy. Nazemnye rasteniya. Ispytanie na fitotoksichnost'* [Methods for Testing Chemical Products Presenting a Danger to the Environment. Land plants. Test for Phytotoxicity]. Moscow, Standardinform, 2015, 20 p. (In Russian).

12 *Ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnykh ob'yektov rybokhozyaystvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimyykh kontsentratsiy vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob'yektov rybokhozyaystvennogo znacheniya* [Approval of Water Quality Standards for Fishery Water Objects Including the Standards for Maximum Permissible Concentrations of Harmful Substances in the Waterbodies of Fishery Importance]. Moscow, 2016, 153 p. (In Russian).

13 *SanPiN 2.1.4.1175-02. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody netsentralizovannogo vodosnabzheniya. Sanitarnaya okhrana istochnikov* [Hygienic Requirements for Water Quality of Non-centralized Water Supply. Sanitary Protection of Sources]. Moscow, 2003, 122 p. (In Russian).

14 *RD 52.24.309-2016. Organizatsiya i provedenie rezhimnykh nablyudeny za sostoyaniyem i zagryazneniem poverkhnostnykh vod sushi* [Organization and Conduct of Regime Observations of State and Contamination of Surface Waters]. Rostov n/D., 2016, 100 p. (In Russian).

15 Timchenko Z.V., 2002. *Vodnye resursy i ekologicheskoe sostoyanie malyykh rek Kryma* [Water Resources and Ecological State of Small Crimean Rivers]. Simferopol, Dolya Publ., 152 p. (In Russian).

---

**Иванютин Николай Михайлович**

Должность: младший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

Адрес организации: ул. Киевская, 150, г. Симферополь, Республика Крым, Российская Федерация, 295453

E-mail: redkolya@mail.ru

**Ivanyutin Nikolay Mihaylovich**

Position: Junior Researcher

Affiliation: Research Institute of Agriculture of Crimea

Affiliation address: str. Kievskaya, 150, Simferopol, Crimea, Russian Federation, 295453

E-mail: redkolya@mail.ru

**Подовалова Светлана Владимировна**

Должность: младший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

Адрес организации: ул. Киевская, 150, г. Симферополь, Республика Крым Российская Федерация, 295453

E-mail: priemnaya@niishk.ru

**Podovalova Svetlana Vladimirovna**

Position: Junior Researcher

Affiliation: Research Institute of Agriculture of Crimea

Affiliation address: str. Kievskaya, 150, Simferopol, Crimea, Russian Federation, 295453

E-mail: priemnaya@niishk.ru