

УДК 631.67.03/502.65

**С. В. Подовалова, Н. М. Иванютин**

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

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД РЕКИ САЛГИР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА БИОТЕСТИРОВАНИЯ**

Цель исследований – оценить возможность определения экологического состояния реки Салгир в точках с различной интенсивностью антропогенной нагрузки с помощью метода биотестирования, т. е. определить влияние поллютантов, находящихся в составе воды, на тесты-отклики биоиндикатора – лука репчатого. Выбор объекта исследований – воды р. Салгир – основывался на том, что антропогенная нагрузка на экосистему реки постоянно увеличивается, на что указывает изменение качества вод по длине реки. Основными проблемами бассейна р. Салгир являются: возрастающий водоотбор из реки и сброс недостаточно очищенных сточных, дождевых и талых вод. Выбор предмета исследования основывался на том, что в последние годы использование растений для проведения биотестирования водных сред применяется в различных областях мониторинга окружающей среды. Тест с использованием *Allium cepa* рекомендован экспертами Всемирной организации здравоохранения как стандарт для мониторинга окружающей среды. Он является наиболее несложным при проведении опытов, доступным по стоимости, а также может применяться в качестве индикатора мутагенности, т. к. этот биоиндикатор по чувствительности приближается к культуре клеток человека. Фитотоксичность тестируемых вод проявилась в ингибировании и стимулировании развития корневой и перьевой частей лука, а также в морфологических изменениях (ветвлениях) корней во всех пробах воды, кроме контрольной (дистиллированной воды). Наблюдалось полное соответствие полученных результатов по всем 10 повторностям. Эксперимент показал перспективность использования тестов-растений с длительным контактом с исследуемыми водами в качестве чувствительного критерия для биотестирования загрязненности поверхностных вод поллютантами. Полученные результаты будут взяты за основу для дальнейших исследований при проведении мониторинга состояния водных объектов Крыма.

Ключевые слова: река Салгир, качество вод, мониторинг, биотестирование, *Allium cepa*, биоиндикатор, токсичность.

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

Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russian Federation

## **ESTIMATION OF WATER QUALITY OF THE SALGIR RIVER BY BIOTESTING METHOD**

The purpose of research is to assess the possibility of determining the ecological state of the Salgir River at places with different anthropogenic pressure intensity by the method of biotesting, i.e. to determine the effect of pollutants in water on the tests-responses of bioindicator – bulb onion. The choice of the object of research – water of the river Salgir – was based on the fact that the anthropogenic pressure on the ecosystem of river is constantly increasing, as the change in water quality along the length of the river indicates. The main problems of the Salgir are: the increasing water withdrawal from the river and discharge of insufficiently treated sewage-, rain- and meltwaters. The choice of the subject of research was based on the

fact that in recent years, the use of plants for water biotesting has been applied in various areas of environmental monitoring. The test using *Allium cepa* was recommended by the World Health Organization experts as a standard for environmental monitoring. It is the simplest in carrying out experiments, available at price, and can also be used as an indicator of mutagenicity, since this bioindicator approaches the culture of human cell culture by sensitivity. The phytotoxicity of the tested waters manifested itself in the inhibition and stimulation of the development of root and leaves of onions, as well as in the morphological changes (branching) of roots in all water samples, except for control (distilled water). The results were completely consistent for all 10 replicates. The experiment showed the application perspectiveness of test-plants with prolonged contact with the investigated waters as a sensitive criterion for biotesting of surface waters contamination with pollutants. The results obtained will be taken as a basis for further research in monitoring the state of Crimea's water bodies.

Key words: the Salgir river, water quality, monitoring, biotesting, *Allium cepa*, bioindicator, toxicity.

**Введение.** Река Салгир берет свое начало на склонах массива Чатыр-Даг на высоте около 388 м над уровнем моря, образуется в результате слияния двух рек: Ангары и Кизил-Кобы – в районе села Перевальное. Река имеет комплексное водохозяйственное значение, в том числе ирригационное. Средний расход воды в среднем течении составляет около 2 м<sup>3</sup>/с. Салгир впадает в залив Сиваш Азовского моря [1].

Экономика территории бассейна р. Салгир носит индустриально-аграрный характер. Данная территория характеризуется многоотраслевым сельским и рекреационным хозяйством, производством виноградных вин, плодоовощных консервов (пищевая промышленность), эфирных масел, строительных материалов и др.

Антропогенное воздействие на воды бассейна р. Салгир остается высоким. Учитывая рост численности населения и увеличивающиеся масштабы урбанизации и освоения территории, снижение масштабов негативного воздействия на водные объекты не представляется вероятным. Это, в свою очередь, будет вызывать снижение экологического благополучия водных объектов и деградацию водных экосистем [2].

Охрана водосборных бассейнов рек является необходимым условием накопления качественной воды, однако в последнее время источников поступления загрязнителей в реку становится все больше. Такими источниками в настоящее время являются: объекты жилищно-коммунального хозяйства и

промышленности, поверхностный смыв с городских территорий, сточные воды, поступающие от разнообразных объектов, стихийные свалки бытового мусора, неканализованная застройка долины реки (долина р. Салгир от села Перевальное до Симферопольского водохранилища и т. д.). Проблема еще больше обострилась вследствие активной застройки водосборной площади реки объектами общественного питания, мини-гостиницами, автозаправками и другими предприятиями малого бизнеса [2].

Дальнейшее увеличение водозабора в ее бассейне для удовлетворения потребностей народного хозяйства Крыма, особенно в целях орошения сельскохозяйственных культур, может привести к негативным трансформациям экологической системы водных объектов (в поверхностных водах – это изменение биологического разнообразия и утрата самоочищающей способности, в подземных – ухудшение качественных и количественных характеристик кондиционных вод). Без решения этих вопросов дальнейшее использование вод бассейна р. Салгир как одного из основных источников водообеспечения полуострова будет невозможно [1].

В настоящее время более 30 % всех использованных пресных вод полуострова приходится на воды бассейна р. Салгир, а для целей орошения в 2015 году было использовано 7,56 млн м<sup>3</sup> из общего по Крыму 12,97 млн м<sup>3</sup>, что составляет около 60 %, поэтому необходимо сохранение и рациональное использование данных водных ресурсов.

Согласно ГОСТ 17.1.2.03-90 «Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения», установлен перечень нормируемых элементов в поливной воде, это связано с тем, что качеству воды, используемой для орошения, необходимо уделять особое внимание, т. к. ее состав влияет на компоненты природной среды: растение – почву – человека – окружающую среду [3]. Из-за возрастающего воздействия на водные объекты Крыма в условиях роста техногенной нагрузки актуальным становится вопрос оценки их экологического благополучия,

т. к. уже сейчас в окружающей среде содержится около 10 млн поллютантов, а некоторые, даже нетоксические, соединения при комбинированном действии способны вызвать токсические эффекты.

Весь перечень химических веществ, содержащихся в воде, определить сложно, а особенно тяжело установить их совместное воздействие в виде токсического эффекта на выращиваемые растения. В связи с этим в настоящее время возрастает потребность в использовании биотестов, которые способны оперативно давать токсикологическую характеристику различных вод (природных, подземных, сточных и т. д.). В 1991 г. биотестирование введено как обязательный элемент контроля качества поверхностных вод, что предусмотрено «Правилами охраны поверхностных вод» [4]. Учитывая необходимость использования для целей орошения воды рек, проводят химический анализ на содержание различных веществ, особенно их токсичности. Однако из-за большого количества необходимых для определения показателей и, в следствии с этим, высокой ценой данных исследований в практике широко используется метод биотестирования.

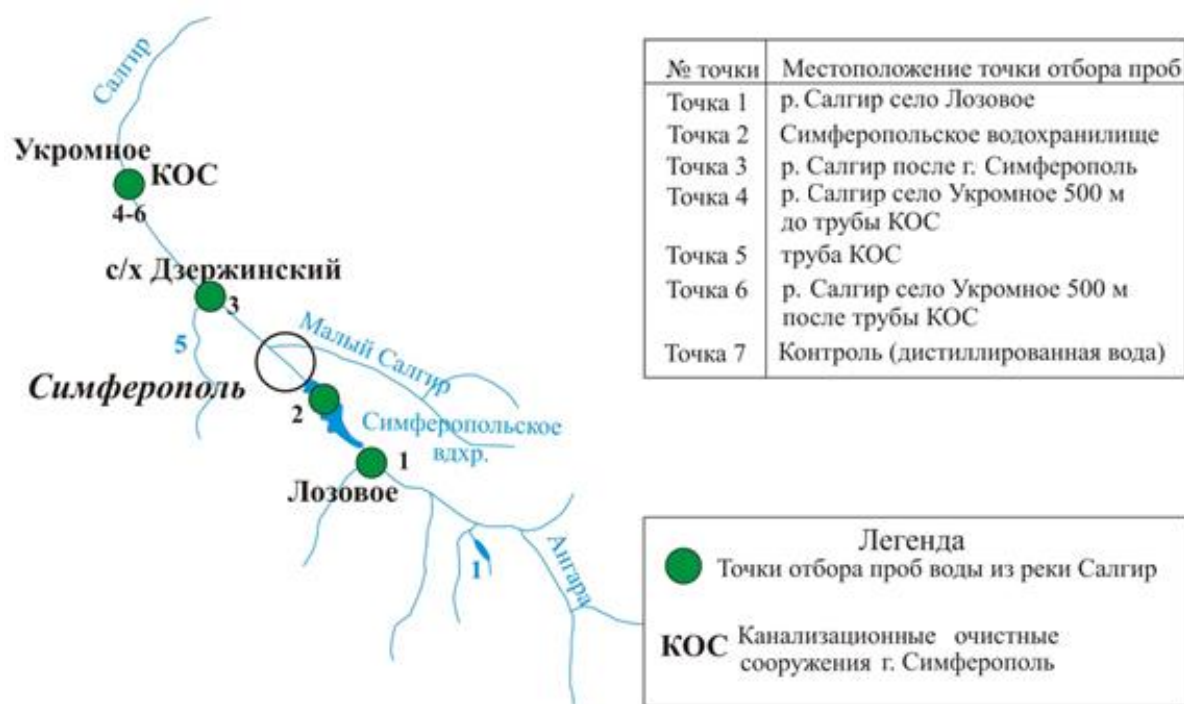
Выбор теста-объекта был произведен согласно ГОСТ 32627-2014 «Наземные растения. Испытание на фитотоксичность», в котором приведен перечень видов растений, исторически используемых при тестировании [5]. Из существующих разных биологических индикаторов нами выбрано растение семейства – лилейные, вид – *Allium cepa*, общепринятое название – лук репчатый, которое уже неоднократно использовалось учеными при оценке загрязнения природных и сточных вод, показало себя высокочувствительным к токсическим веществам и дало позитивные токсические эффекты. История биотеста с использованием *Allium cepa* началась более 70 лет назад, а экспертами ВОЗ как стандарт для мониторинга окружающей среды рекомендован в 1985 году. Исследованиями по биотестированию различных вод с проращиванием лука репчатого занимались И. И. Концевой, В. В. Яковлев, В. П. Илющенко, А. А. Левина и др. [6–8].

**Материалы и методы.** Экспериментальная часть настоящего исследования проведена в феврале – апреле 2017 года в отделе «Водосбережения, мониторинга и альтернативного водообеспечения» ФГБУН «НИИСХ Крыма».

Объект исследования – воды бассейна р. Салгир, испытывающие на себе различное по интенсивности антропогенное воздействие, а в качестве предмета исследования служил биоиндикатор – лук репчатый (*Allium cepa*). Выбор предмета исследования основывался на том, что в последние годы использование растений для проведения биотестирования водных сред применяется в различных областях мониторинга окружающей среды. Тест с использованием *Allium cepa* является наиболее несложным при проведении опытов, доступным по стоимости, обеспечивает длительный контакт с большим количеством исследуемой воды (14 суток); а также используется в качестве индикатора мутагенности, т. к. этот биоиндикатор по чувствительности приближается к культуре клеток человека.

**Точки отбора образцов воды.** Пробы воды отбирались в шести пунктах р. Салгир, в которых с 2016 года проводится мониторинг качественного состава воды в различные сезоны года с выявлением возможных антропогенных источников загрязнения. Месторасположение точек пробоотбора представлено на рисунке 1. В качестве теста-контроля использовалась дистиллированная вода.

**Подготовка проб воды для проведения биотестирования и химического анализа.** Пробы были разделены на две части: одна использовалась для биотестирования, вторая передана в лабораторию агрохимических исследований ФГБУН «НИИСХ Крыма» для выполнения химического анализа, результаты которого представлены в таблице 1. В тестируемых пробах воды определялись следующие показатели: минерализация,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ , а также pH и взвешенные вещества, содержание которых было взято для оценки пригодности данных вод для целей орошения.



**Рисунок 1 – Карта-схема расположения точек отбора проб воды из реки Салгир**

**Таблица 1 – Результаты химического анализа проб воды из реки Салгир**

№ точки	Сухой остаток	Взвеш. вещ-ва	pH	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	В мг/дм <sup>3</sup>	
										NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
1	270	1,0	7,54	275	64,00	116,00	45	6,5	38	14,00	48,00
2	304	7,0	8,08	476	78,00	120,00	45	2,5	55	8,00	205,00
3	578	7,0	7,80	275	65,00	100,00	47	6,5	35	13,00	45,00
4	628	26,0	7,92	402	77,00	146,00	30	3,0	68	6,00	208,00
5	598	71,0	7,85	463	78,00	132,00	38	2,5	53	20,00	48,00
6	656	5,5	7,53	281	47,00	80,00	44	4,5	20	6,00	Сл.
7	5	–	5,50	–	0,02	0,80	–	–	–	0,20	0,50

По результатам химического анализа проб воды и их последующей оценки, следует отметить, что согласно СНИП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения», по «классификации поливных вод по степени опасности осолонцевания почв» воды в точках № 1 и 2 относятся к I классу (вполне пригодна для орошения всех культур и типов почв), а воды в точках № 3–6 ко II классу (пригодна для орошения большинства культур и типов почв) [9].

Согласно почвенно-мелиоративной классификации оросительных вод:

- воды в точках № 1 и 3 относятся к I классу – оросительная вода не оказывает неблагоприятного влияния на плодородие почв, урожайность и качество сельскохозяйственной продукции, поверхностные и подземные воды;

- воды в точках № 2, 4, 5, 6 относятся ко II классу – оросительная вода не оказывает неблагоприятного влияния на качество сельскохозяйственной продукции, поверхностные и подземные воды. При недостаточной дренированности возможно засоление почв, снижение урожайности культур слабой солеустойчивости на 5–10 %. Для удаления лишних солей требуются умеренный промывной режим орошения при обеспеченной дренированности, специальный комплекс мелиоративных мероприятий.

Ни по одному из используемых методов оценки качества тестируемых проб невозможно было судить об ее фитотоксичном эффекте на растения.

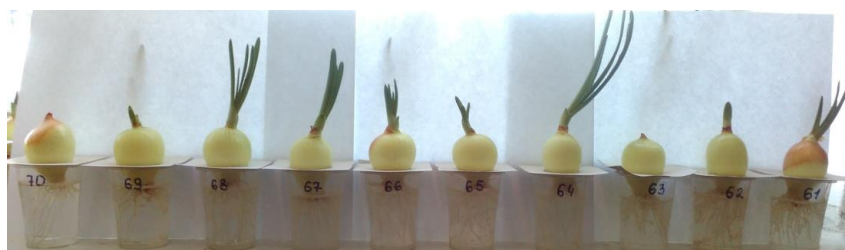
Следующим этапом в проведении исследований отобранных образцов проб воды было проведение биотестирования по проращиванию лука репчатого.

**Проведение биотестирования.** Лук примерно одинакового размера (около 4 см в диаметре) очистили от внешней чешуи (которая при соприкосновении с водой могла привести к загниванию), а затем взвесили. Отфильтрованные пробы воды налили в стаканчики объемом 100 мл каждый, сверху поместили луковицу, нижняя часть которой соприкасалась с исследуемой водой. Для каждой пробы воды использовали 10 повторностей. Испарившуюся жидкость на протяжении 14 дней доливали исследуемой пробой воды. Эксперимент проводили при комнатной температуре, защищая лук от попадания прямых солнечных лучей. О фитотоксичности проб воды судили по проросту корневых пучков и перьевой части луковицы. На 4, 7 и 14 сутки измеряли длину корней и перьев каждой луковицы с помощью линейки, а после окончания опыта произвели взвешивание луковицы, корневой и перьевой частей.

**Результаты и обсуждение.** Во время проведения биотестирования по проращиванию лука с использованием различных категорий воды корневая система вступала в длительный (14 суток) контакт с химическими загрязняющими веществами, находящимися в составе воды. На рисунках 2, 3 в качестве примера приведены фотографии развития роста корневой и перьевой частей лука репчатого на водах точек отбора № 7 и № 5, сделанные через определенное время по мере развития лука репчатого на тестируемых водах.



*а*



*б*



*в*

*а* – 4-й день, *б* – 7-й день, *в* – 14-й день

**Рисунок 2 – Влияние различных категорий вод на рост корневой системы и развитие перьев (точка № 7 – контроль) (фото авторов)**





а



б



в

а – 4-й день, б – 7-й день, в – 14-й день

**Рисунок 3 – Влияние различных категорий вод на рост корневой системы и развитие перьев (точка № 5) (фото авторов)**

Наблюдения за особенностями роста корневой системы показали, что это растение чувствительно к разным средам, а эффект был определен измерением различных параметров фитотеста по мере роста надземной и подземной частей *Allium cepa* через 4, 7, 14 дней, а также визуальным осмотром корневого пучка с целью определения мутагенных эффектов (ветвистость, утоньшение, изменение окраски), зафиксированные на снимках при окончании биотестирования и представленные на рисунке 4.

Помимо полученных данных по изменению в росте корней, наблюдались такие морфологические нарушения, как ветвистость, зафиксиро-

ванные при измерении всех проросших корней на 14 сутки. Процентное соотношение ветвистых корней к общему числу всех проросших на конец опыта корней представлено на рисунке 5.

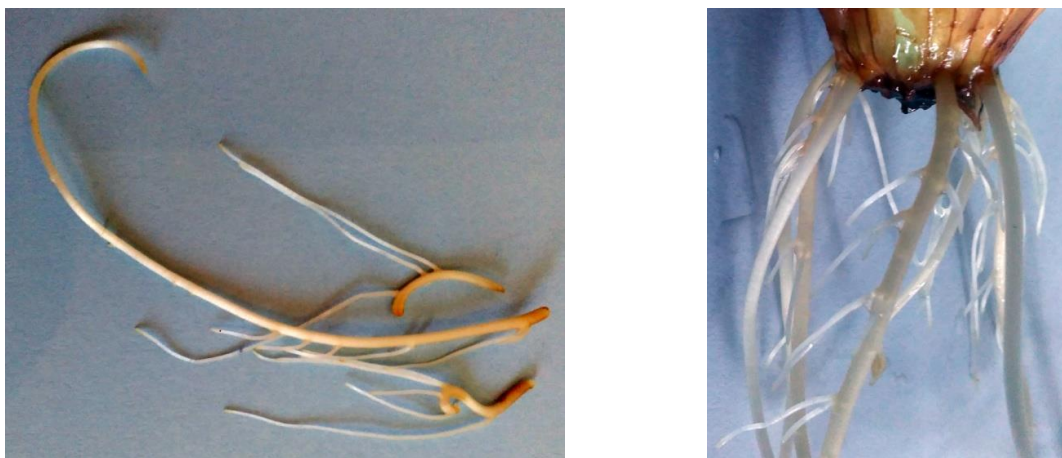


Рисунок 4 – Мутагенные эффекты (ветвистость) на корнях лука

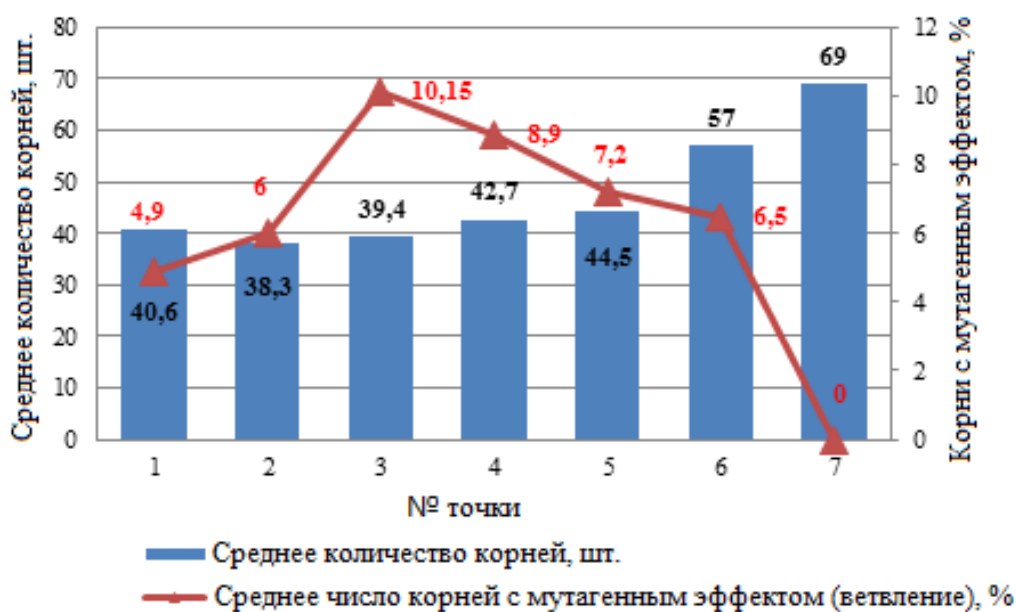


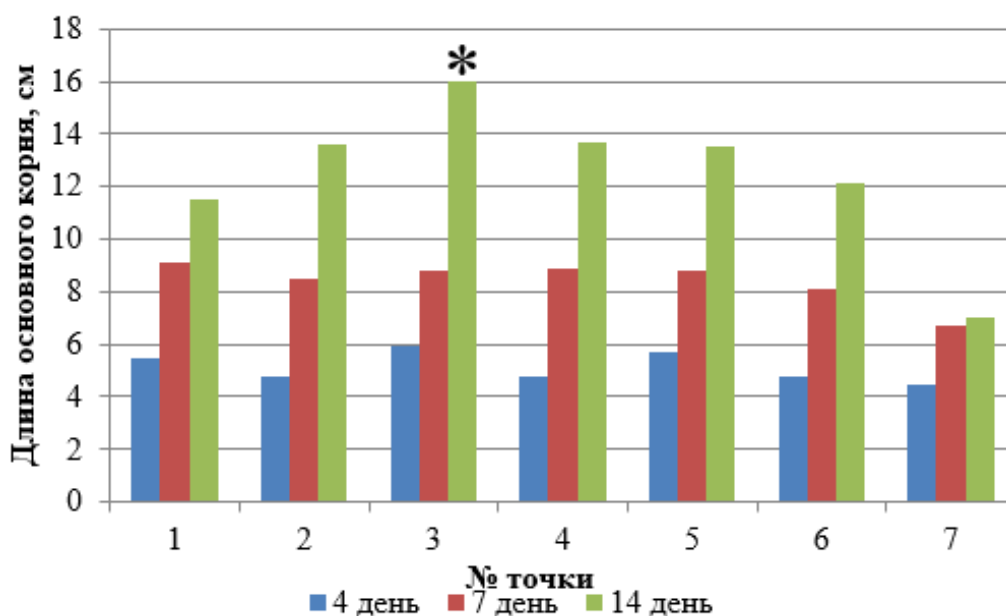
Рисунок 5 – Морфологические нарушения корней лука (ветвление)

Как видно из данных, приведенных на диаграмме, все тестируемые воды повлияли на рост корневой системы. Это отразилось на проявлении мутагенного эффекта (ветвление), что свидетельствует о присутствии в воде токсических веществ. В контрольных опытах морфологических нарушений ни в одной из проб выявлено не было. Наибольший процент корней с ветвлениями отмечен в точках 3, 4, 5, 6 по мере уменьшения. Это являет-

ся прямым доказательством того, что в данных пробах содержатся токсические вещества, которые поступили из разных источников: точка 3 – речная вода после протекания по урбанизированной территории г. Симферополь; 4, 5, 6 – речная вода в 500 м до КОС, из трубы КОС и речная вода в 500 м после трубы КОС.

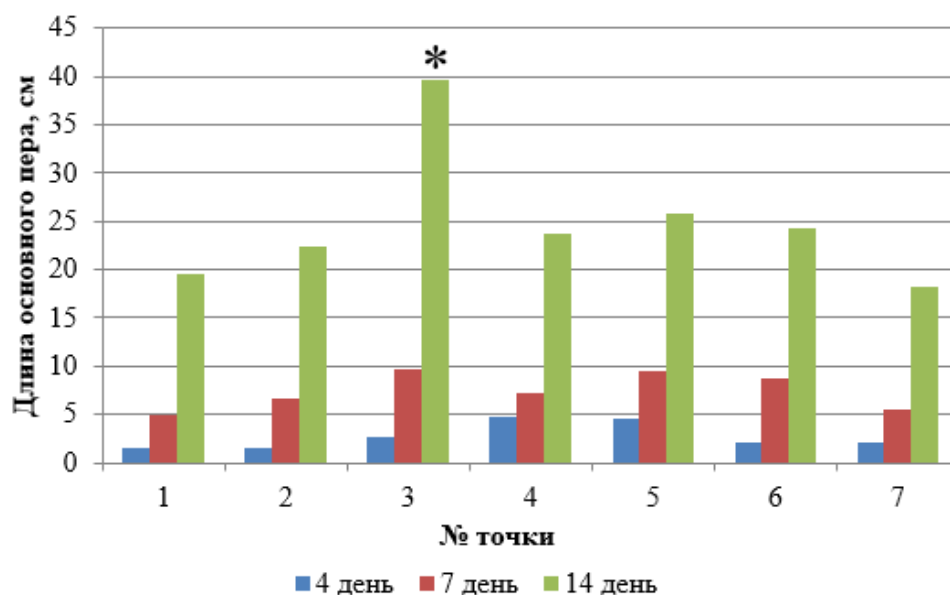
Следующим эффектом загрязнения вод рассмотрим их стимулирующее воздействие на рост и развитие перьевой (верхней) и корневой (нижней) частей лука.

Во всех отобранных пробах в разной степени, по сравнению с контролем, проявилось стимулирование развития корневой и перьевой частей лука. Наиболее показательной оказалась тестируемая вода точки № 3, в которой в росте главного корня луковиц 14 дневного экспонирования было зафиксировано ингибирование роста корня на 230 % и основного пера на 217 %. Полученные изменения в процессе роста на 4, 7 и 14 сутки, связанные со стимулированием некоторых функций развития растения (рост главного корня и пера лука репчатого), мы представили в виде диаграмм на рисунках 6 и 7.



\* – наибольшее проявление теста-оклика

**Рисунок 6 – Влияние тестируемых вод на рост главного корня на 4, 7 и 14 сутки**



\* – наибольшее проявление теста-оклика

**Рисунок 7 – Влияние тестируемых вод на рост основного пера на 4, 7 и 14 сутки**

Как видно из приведенных диаграмм, стимулирующее действие воды в тестируемых пунктах по сравнению с контролем следующее:

- с увеличением срока проведения эксперимента отмечалось наибольшее стимулирование развития роста основного корня и пера в воде точки № 3 по сравнению с контролем;

- с увеличением контакта лука с исследуемой водой точки № 1 на 7 сутки фиксируется наименьший прирост главного корня с дальнейшим резким увеличением на 14 сутки, а прирост длины основного пера на всей продолжительности опыта соответствует, с незначительным отклонением, контролю;

- в водах точек № 2, 4, 5 отмечается стимулирующий эффект развития главного корня по времени развития примерно на одном уровне 194–197 % и основного пера на 130 и 141 % соответственно, кроме точки № 2, в которой стимулирующий эффект был на уровне 122 %.

В связи с тем, что именно в корневой системе лука произошли морфологические нарушения (ветвистость), приведенные на рисунке 2, они сказались и на числе корней в пучке и их длине (рисунок 8). Это связано

с тем, что именно корни находятся длительное время в контакте с исследуемыми пробами воды, а их способность накапливать избыточные ионы описывается в работе, посвященной растениям в экстремальных условиях минерального питания [10], но одними из первых были высказаны идеи о защитной функции корневой системы в присутствии избыточного количества ионов в работах таких исследователей, как Е. И. Ратнер, В. А. Ковда, В. П. Илющенко [11–13]. Авторы этих работ установили, что возрастающие дозы токсических веществ вызывают у растений в первую очередь морфологические изменения корней.



**Рисунок 8 – Развитие корневой системы лука во всех пробах на 14 сутки**

Согласно данным, отраженным на диаграмме, прослеживается тенденция по уменьшению общего количества корней в пучке с одновременным увеличением их длины во всех пробах воды по сравнению с контролем, что является стимулирующим эффектом их развития.

**Заключение.** На основании полученных экспериментальных данных биотестирования токсического загрязнения вод р. Салгир, отобранной в разных точках с использованием в качестве биотеста *Allium cepa*, можно сделать следующие выводы:

- уменьшение количества корней в пучке тестов-растений и наблю-

даемые ветвления корней во всех отобранных пробах, кроме контрольной, зависит от степени токсичности природных вод: чем больше токсичных веществ в пробе воды, тем очевиднее происходит уменьшение общего количества корней и увеличение числа корней с морфологическими изменениями (ветвление);

- выбранный тест-объект – *Allium cepa* позволяет провести биотестирование и получить достоверные сведения о фитотоксичности исследуемых вод, что связано с особенностями самого теста-объекта, длительностью воздействия (14 суток) различных вод на рост лука. Выявлена токсичность исследуемых вод, которая выражается в проявлении ветвистости корневой системы во всех пробах в различной степени, кроме контрольной (дистиллированной воды);

- наблюдалось полное соответствие результатов по всем повторностям, с допустимыми отклонениями;

- фитотоксическое действие может считаться доказанным, т. к. зафиксирован фитотоксический эффект – торможение в количественном росте корней под влиянием воды, взятой в точке № 3 (р. Салгир после г. Симферополя), а наименьшее токсическое влияние наблюдалось в воде точки № 2 (р. Салгир, с. Лозовое до г. Симферополь). Показателем фитотоксичности является торможение развития корневой системы на 43 % по сравнению с контролем;

- в эксперименте был получен не только фитотоксический эффект на корневой системе по количеству и морфологическим изменениям (ветвистость корней), но и эвтрофирующий (стимулирующий) эффект, связанный с увеличением длины корневой и перьевой частей лука. Стимулирующий эффект наиболее выражен в точках № 3, 4, 5, 6;

- уменьшение токсичности тестируемых вод можно представить следующим образом (в порядке уменьшения количества ветвлений на корнях лука): Т.3 > Т.4 > Т.5 > Т.6 > Т.2 > Т.1.

Таким образом, проведенные исследования подтверждают эффективность использования методов биотестирования для определения токсического загрязнения как природных, так и очищенных сточных вод.

### Список использованных источников

1 Иванютин, Н. М. Водооборот и антропогенная нагрузка в бассейне реки Салгир / Н. М. Иванютин, С. В. Подовалова, В. И. Кременской // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 4(24). – С. 174–188. – Режим доступа: [http://rosniipm-sm.ru/dl\\_files/udb\\_files/udb13-rec452-field6.pdf](http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec452-field6.pdf).

2 Иванютин, Н. М. Влияние антропогенной деятельности на качественные характеристики вод реки Салгир и их оценка по степени пригодности для целей орошения / Н. М. Иванютин, С. В. Подовалова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 4(64). – С. 95–103.

3 ГОСТ 17.1.2.03-90. Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения. – Введ. 1991-07-01. – М.: Государственный комитет СССР по охране природы, 1991. – 10 с.

4 Правила охраны поверхностных вод. Типовые положения. – М.: Изд-во Госкомприроды СССР, 1991. – 38 с.

5 ГОСТ 32627-2014. Наземные растения. Испытание на фитотоксичность. – Введ. 2015-06-01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 20 с.

6 Концевая, И. И. Совершенствование методики биотестирования на основе Allium-теста / И. И. Концевая, Т. А. Толкачева // Вестник ВДУ. – 2012. – № 6(72) – С. 57–65.

7 Яковлев, В. В. Биотестирование природных вод Харьковской области для оценки токсичности / В. В. Яковлев, Т. Ю. Бирюкова, С. А. Мацюк // Коммунальное хозяйство городов. Серия: Технические науки и архитектура: науч.-техн. сб. – Киев: Техника, 2008. – Вып. 84. – С. 102–110.

8 Левина, А. А. Растительные тест-системы в оценке состояния окружающей среды / А. А. Левина, М. В. Трушин, А. А. Ратушняк // Научные труды Sworld. – Иваново: Научный мир, 2012. – Т. 28. – № 2. – С. 50а–54.

9 Внесение химвелиорантов с поливной водой: пособие СНИП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения»: утв. В/О «Союзводпроект» 12.12.85 № 201. – М., 1986. – 21 с.

10 Растения в экстремальных условиях минерального питания. – Л.: Наука, 1983. – 176 с.

11 Ратнер, Е. И. Пути приспособления растений к условиям питания катионами в почве / Е. И. Ратнер // Проблемы ботаники. – М., 1950. – Вып. 1. – С. 427–448.

12 Ковда, В. А. О биологической реакции растений на тяжелые металлы в среде / В. А. Ковда, Б. И. Золотарева, И. И. Скрипчинский // Доклады АН СССР. – 1979. – Т. 247. – № 3. – С. 766–768.

13 Илющенко, В. П. Чувствительность Allium-теста к присутствию тяжелых металлов в водной среде / В. П. Илющенко, В. Н. Щегольков // Химия и технология воды. – 1990. – Т. 12. – № 3. – С. 275–278.

### References

1 Ivanyutin N.M., Podovalova S.V., Kremenskaya V.I., 2016. *Vodooborot i antropogennaya nagruzka v bassejne reki Salgir* [Water rotation and anthropogenic pressures in the Salgir river basin]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii* [Scientific Journal of Rus-

sian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems]. no. 4(24), pp. 174-188, available: [http://rosniipm-sm.ru/dl\\_files/udb\\_files/udb13-rec452-field6.pdf](http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec452-field6.pdf). (In Russian).

2 Ivanyutin N.M., Podovalova S.V., 2016. *Vliyaniye antropogennoy deyatel'nosti na kachestvennyye kharakteristiki vod reki Salgir i ikh otsenka po stepeni prigodnosti dlya tsey oроsheniy* [The influence of anthropogenic activity on the qualitative characteristics of the Salgir River water and the assessment of degree of their suitability for irrigation purposes]. *Puti povysheniya effektivnosti orоshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture]. no. 4(64), pp. 95-103. (In Russian).

3 GOST 17.1.2.03-90. *Okhrana prirody. Gidrosfera. Kriterii i pokazateli kachestva vody dlya orоsheniya*. [Protection of Nature. Hydrosphere. Criteria and indicators of the quality of water for irrigation]. Moscow, State Committee for Nature Protection of the USSR, 1991, 10 p. (In Russian).

4 *Pravila okhrany poverkhnostnykh vod. Tipovyye polozeniya* [Rules for the protection of surface waters. Typical provisions]. Moscow, Goskomprirody USSR Publ., 1991, 38 p. (In Russian).

5 GOST 32627-2014. *Nazemnyye rasteniya. Ispytaniye na fitotoksichnost* [Land plants. Phytotoxicity test]. Moscow, Standardinform Publ., 2015, 20 p. (In Russian).

6 Kontsevaya I.I., Tolkacheva T.A. 2012. *Sovershenstvovaniye metodiki biotestirovaniya na osnove Allium-testa* [Improvement of biotesting method based on the Allium test]. *Vestnik VDU* [Bull. VDU]. no. 6(72), pp. 57-65. (In Russian).

7 Yakovlev V.V., Biryukova T.Yu., Matsyuk S.A., 2008. *Biotestirovaniye prirodnykh vod Kharkovskoy oblasti dlya otsenki toksichnosti* [Biotesting of natural waters of Kharkiv region for toxicity assessment]. *Kommunalnoye khozyaystvo gorodov. Seriya: Tekhnicheskkiye nauki i arkhitektura: nauch.-tekhn. sb* [Municipal economy of cities. Series: Engineering science and architecture: sci techn coll.]. Kiev, Technology Publ., Issue 84, pp. 102-110. (In Russian).

8 Levina A.A., Trushin M.V., Ratushnyak A.A., 2012. *Rastitelnyye test-sistemy v otsenke sostoyaniya okruzhayushchey sredy* [Plant test systems in the state-of-the-environment-assessment]. *Nauchnyye trudy Sworld* [Transactions Sworld]. Ivanovo, The scientific world Publ., vol. 28, no. 2, pp. 50a-54. (In Russian).

9 *Vneseniye khimmeliorantov s polivnoy vodoy: posobiye SNIP «Meliorativnyye sistemy i sooruzheniya»* [Application of chemical meliorants with irrigation water: manual SNiP “Meliorative systems and structures”]. 12.12.85, no. 201, Moscow, 1986, 21 p. (In English).

10 *Rasteniya v ekstremalnykh usloviyakh mineralnogo pitaniya* [Plants in extreme conditions of mineral nutrition]. Leningrad, Science Publ., 1983, 176 p. (In English).

11 Ratner Ye.I., 1950. *Puti prisposoblениya rasteniy k usloviyam pitaniya kationami v pochve* [Ways of adaptation of plants to nutrition conditions with cations in soil]. *Problemy botaniki* [Problems of Botany]. Moscow, Issue 1, pp. 427-448. (In Russian).

12 Kovda V.A., Zolotareva B.I., Skripchinskiy I.I., 1979. *O biologicheskoy reaktivnosti rasteniy na tyazhelyye metally v srede* [On the biological reaction of plants to heavy metals in environment]. *Doklady AN SSSR* [Scientific reports of the Academy of Sciences of the USSR]. vol. 247, no. 3, pp. 766-768. (In Russian).

13 Ilyuschenko V.P., Shchegolkov V.N., 1990. *Chuvstvitelnost Allium-testa k prisutstviyu tyazhelykh metallov v vodnoy srede* [The sensibility of Allium test to the presence of heavy metals in water]. *Khimiya i tekhnologiya vody* [Chemistry and Technology of Water]. vol. 12, no. 3, pp. 275-278. (In Russian).

---

**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, 295493

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, 295493

E-mail: priemnaya@niishk.ru

**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, 295493

E-mail: redkolya@mail.ru

**Ivanutin Nikolay Mihaylovich**

Position: Junior researcher

Affiliation: Research Institute for Agriculture of Crimea

Affiliation address: str. Kievskaya, 150, Simferopol, Crimea, Russian Federation, 295493

E-mail: redkolya@mail.ru