

## БІЯЛАГІЧНЫЯ НАВУКІ

УДК 574.5:574.21

**М. М. Воробьева<sup>1</sup>, Т. В. Тур<sup>2</sup>, М. Н. Подобед<sup>3</sup>, О. С. Пашко<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Кандидат биологических наук, доцент кафедры биолого-химического образования,  
УО «Мозырский государственный педагогический университет им. И. П. Шамякина»,  
г. Мозырь, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Учитель биологии высшей квалификационной категории, УО «Мозырский государственный  
областной лицей», г. Мозырь, Республика Беларусь

<sup>3</sup>Студентка технолого-биологического факультета УО «Мозырский государственный педагогический  
университет им. И. П. Шамякина», г. Мозырь, Республика Беларусь

<sup>4</sup>Ученица 11 класса УО «Мозырский государственный областной лицей»,  
г. Мозырь, Республика Беларусь

**ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА  
ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ГОРОДА МОЗЫРЯ И ИХ ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕМЯН *LEPIDIUM SATIVUM***

*Установлено, что водные объекты города Мозыря характеризуются благоприятным экологическим состоянием. Органолептические и физико-химические свойства как в летний, так и осенний периоды соответствуют санитарным правилам и нормам, однако не пригодны для хозяйственно-питьевых целей.*

*Данные по фитотестированию воды в природных источниках города Мозыря позволяют заключить, что в летний период (июнь) 2020 года водные объекты подвергаются максимальной антропогенной нагрузке, а к сентябрю антропогенный пресс несколько снижается.*

*Семена кресс-салата (*Lepidium sativum*) можно успешно использовать для биотестирования водных объектов в лабораторных условиях.*

*Ключевые слова: органолептические показатели, физико-химические показатели, город Мозырь, водные объекты, *Lepidium sativum*, антропогенная нагрузка.*

**Введение**

Хозяйственная деятельность человека негативно влияет на природные экосистемы. Такого рода влияние чаще всего не согласуется с основными законами, правилами и принципами функционирования биосферы [1], [2].

В результате антропогенной нагрузки значительно изменяются наземные и водные экосистемы, в частности водные объекты, а именно элементы водного баланса, качество воды, характер русловых процессов, жизнедеятельность сообществ водных организмов, возможность участия в переносе различных химических соединений и в большом геологическом круговороте. Негативные последствия таких воздействий проявляются в малых реках, водоемах и крупных водотоках [3]–[5].

На сегодняшний день в Беларуси и сопредельных ей территориях уделяют внимание изучению урбанизированных речных и озерных систем, поскольку из-за стоков крупных промышленных предприятий, ливневых и талых поверхностных вод, твердых коммунальных отходов происходит увеличение минерализации, изменяется жесткость воды, повышается содержание в них нитратов, нитритов, фосфатов, поверхностно-активных и других загрязняющих веществ. Изучение экологического состояния пресноводных объектов – важная задача при решении вопроса сохранения их природного, естественного состояния и возможного рационального использования [3], [4].

Учитывая вышеизложенное, проблема загрязнения рек и других естественных водоемов в настоящее время остается весьма актуальной, в связи с чем представляет научный интерес как для сотрудников научно-исследовательских институтов и университетов, так и для студентов высших и учеников средних учебных заведений, особенно с использованием быстрых, дешевых и доступных методов, к которым относится метод биотестирования. В качестве биоиндикаторов можно использовать ряд живых объектов как растительного, так и животного происхождения: позвоночные

и беспозвоночные животные, низшие растения, высшие растения и грибоподобные организмы. Биологическое самоочищение водоемов осуществляется за счет жизнедеятельности растений, животных, грибов, бактерий и тесно связано с физико-химическими процессами. В этом процессе принимают участие практически все население водоемов, особую роль среди которых занимают растения. В связи с этим в последние годы все большее внимание уделяют высшим растениям, используя в качестве индикаторов состояния окружающей среды. Для оценки состояния природных водных объектов анализируют водную, околосредную и прибрежную растительность [6]–[8].

В рамках настоящего исследования мы оценили не только органолептические и физико-химические показатели водных объектов города Мозыря, а также качество воды с использованием высших растений (семена кресс-салата (*Lepidium sativum*)) в лабораторных условиях, что сделано впервые.

#### Методы исследования

Для оценки качества водных объектов города Мозыря выбрано 5 участков с разной антропогенной нагрузкой (таблица 1).

Таблица 1. – Пробные площадки (ПП), на которых осуществлялся забор воды

Номер ПП	Геоданные	Место отбора проб	Описание объекта
ПП1	N 52°012913, E 29°240563	Озеро в лесопарке «Молодежный»	место отдыха горожан
ПП2	N 52°034019, E 29°236022	Бобровское озеро	место отдыха горожан, вблизи жилой многоэтажной застройки и автозаправки
ПП3	N 52°044173, E 29°177164	Озеро в Козенском сельсовете рядом с деревней Дрозды	выше черты города, место отдыха горожан
ПП4	N 52°25413, E 29°16342	Река Припять	место отдыха горожан, рядом с городскими очистными сооружениями
ПП5	N 52°05491, E 29°26016	Река Припять	центр города, место отдыха горожан, 500 метров от очистных городских сооружений
ПП6 (контроль)	N 52°046493, E 29°252748	Водопроводная отстоенная вода	–

Пробы отбирали в июне и сентябре текущего года. Отбор проб, их транспортировка и хранение осуществлялись в соответствии с СТБ «Вода. Общие требования к отбору проб» [9]. Органолептические (запах, цвет, мутность и прозрачность) и физико-химические (температура, плотность, pH, хлориды, фосфаты и железо) свойства воды определяли общепринятыми методиками [10].

Биотестирование проб воды проводили в течение часа после их отбора. В качестве тест-культуры использовали мелкие семена кресс-салата (*Lepidium sativum*).

Исследования проводили в двукратной повторности, в каждую чашку помещали предварительно обеззараженные здоровые семена для получения статистически достоверных результатов. В чашки Петри вносили 10 мл исследуемой воды, затем образцы помещали в термостат на 7 суток при температуре 23 °С. По мере высыхания воды фильтровальную бумагу увлажняли. Реакцию тест-системы фиксировали по следующим параметрам: всхожесть – число проросших семян от общего количества семян, взятых для проращивания (%); дружность прорастания – средний процент семян, проросших за один день; энергия прорастания – число семян, проросших за первые трое суток, выраженное в % от общего количества семян, взятых для проращивания; длина наземной части и корня проростка.

Полученные экспериментальные данные по биотестированию подвергли статистической обработке с помощью пакета Statistica 8.0 с определением типа распределения данных, среднего арифметического и ошибки среднего арифметического, достоверности различий полученных данных (коэффициент Стьюдента).

#### Результаты исследования и их обсуждение

Данные таблицы 2 отражают состояние водных объектов города Мозыря по органолептическим и физико-химическим показателям.

Таблица 2. – Органолептические и физико-химические показатели качества водных объектов г. Мозыря

июнь 2020 года						
Характеристика	Номер пробной площадки					
	ПП1	ПП2	ПП3	ПП4	ПП5	ПП6
Запах	болотный, отчетливый (4 балла)	травянистый, слабый (2 балла)	землистый, очень слабый (1 балл)	землистый, очень слабый (1 балл)	травянистый, заметный (3 балла)	–
Цветность (Cr-Co шкала)	желтый с зеленым оттенком (10 °С)	светло-желтый (5 °С)	светло-желтый (2 °С)	светло-желтый (2 °С)	желтый с зеленым оттенком (2 °С)	бесцветная (0 °С)
Прозрачность, мутность	прозрачная	очень мутная	очень мутная	очень мутная	очень мутная	прозрачная
Температура, °С	20	21,5	21,8	21,8	21,8	21,8
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,996	0,998	0,995	0,996	0,995	0,998
pH	7,17	7,95	7,96	8,5	8,59	7,84
Содержание хлоридов, мг/л	–	10–50	10–50	10–50	10–50	50–100
Содержание фосфатов, мг/л	< 45	от 10 до 45	–	от 0,1 до 10	от 0,1 до 10	от 10 до 45
Содержание железа, мг/л	от 0 до 0,2	–	от 0 до 0,3	от 0 до 0,2	от 0 до 0,3	от 0 до 0,3
сентябрь 2020 года						
Характеристика	Номер пробной площадки					
	ПП1	ПП2	ПП3	ПП4	ПП5	ПП6
Запах	болотный, очень слабый (1 балл)	травянистый, отчетливый (4 балла)	землистый, отчетливый (4 балла)	землистый, очень слабый (1 балл)	травянистый, заметный (3 балла)	–
Цвет	желтый с зеленым оттенком (10 °С)	светло-желтый (5 °С)	светло-желтый (2 °С)	светло-желтый (2 °С)	желтый с зеленым оттенком (2 °С)	бесцветная (0 °С)
Прозрачность, мутность	прозрачная	очень мутная	очень мутная	очень мутная	очень мутная	прозрачная
Температура, °С	19	20	20	19	20	21
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,995	0,996	0,996	0,995	0,996	0,998
pH	7,46	7,62	8,36	8,46	8,46	7,84
Содержание хлоридов, мг/дм <sup>3</sup>	–	10–50	1–10	10–50	1–10	50–100
Содержание фосфатов, мг/дм <sup>3</sup>	< 45	< 45	от 10 до 45	от 10 до 45	от 10 до 45	от 10 до 45
Содержание железа, мг/дм <sup>3</sup>	от 0 до 0,2	–	от 0 до 0,4	от 0 до 0,2	от 0 до 0,3	от 0 до 0,3

Установлено, что запах всех проб воды имел развитие при 20 °С, что явно свидетельствует о наличии коллоидных и, в том числе, органических веществ, сорбирующих ароматические примеси. При этом вода на ПП1 (июнь), ПП2 и ПП3 (сентябрь), ПП5 (июнь, сентябрь) имела развитие запаха до 3–4 баллов при 20 °С, что указывает на непригодность данной воды для хозяйственно-питьевых целей.

Необходимо подчеркнуть, что в наших пробах показатели цветности, мутности и прозрачности не выходили за пределы установленных нормативов.

Как известно, плотность чистой воды зависит от ее температуры и составляет при 15 °С 0,99913 г/см<sup>3</sup>, а при 20 °С – 0,99823 г/см<sup>3</sup>. Плотность природных и сточных вод зависит также и от растворенных соединений. В исследуемых нами пробах плотность воды оказалась близка к 1 и варьировалась от 0,995 до 0,998 г/см<sup>3</sup> как в июне, так и в сентябре.

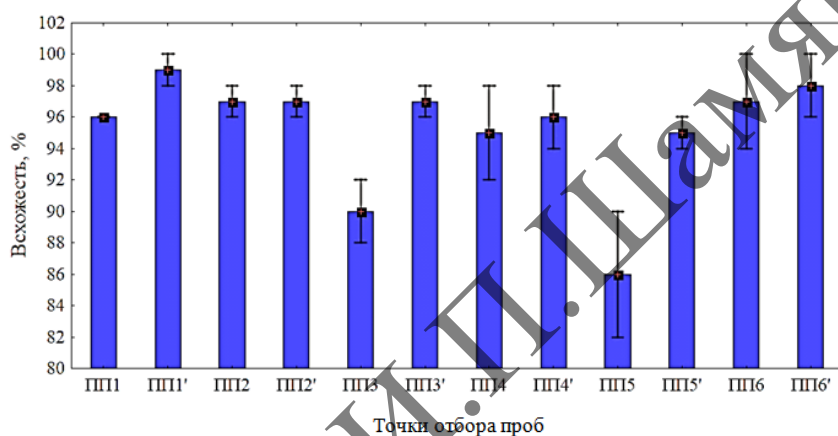
Водородный показатель исследованных проб воды находился в слабощелочном диапазоне и варьировался от 7,17 до 8,59 в июне и от 7,46 до 8,59 в сентябре, что соответствует норме.

Содержание хлоридов оказалось много меньше порогового значения (350 мг/дм<sup>3</sup>), что не превышало и 0,02 единиц от предельно допустимой концентрации (ПДК) и 30 % по коэффициенту вариации. Этого нельзя сказать о концентрации фосфатов, которая в ПП1 (июнь) и ПП1 и ПП2 (сентябрь) превышало значение ПДК (45 мг/дм<sup>3</sup>). Содержание железа во всех пробах, кроме ПП3 (сентябрь), не превышала ПДК (0,3 мг/дм<sup>3</sup>).

Таким образом, можно заключить, что исследуемые нами пробы воды характеризуются благоприятными органолептическими и физико-химическими свойствами, поскольку соответствуют нормативам, указанным в санитарных правилах и нормах 2.1.4 [11]. Необходимо подчеркнуть, что в пробах ПП1 и ПП2 отмечены химические вещества (содержание фосфатов превышает ПДК), относящиеся к 3 классу опасности и нормируемые по санитарно-токсикологическому признаку вредности, в связи с чем вода не пригодна для хозяйственно-питьевых целей. В воде отсутствовали различимые невооруженным глазом водные организмы и поверхностная пленка.

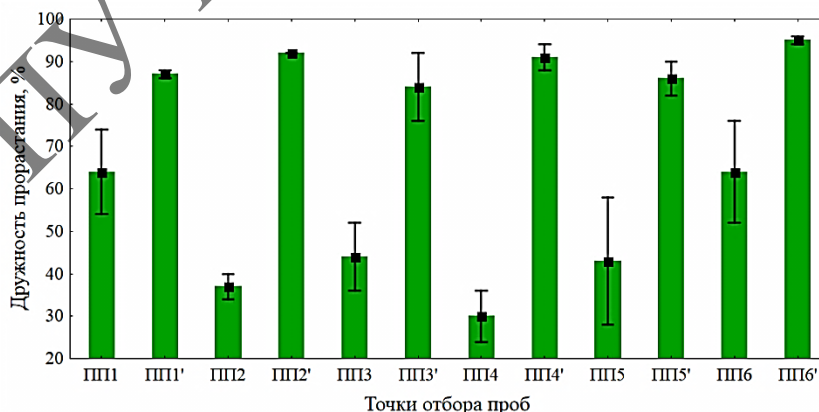
Фитотестирование проб воды проводили по морфометрическим тест-реакциям семян кресс-салата. Полученные результаты ( $n = 100$  семян в каждой пробе) проверены на тип распределения, который оказался близок к нормальному. Достоверность различий средних арифметических проанализирована с помощью коэффициента Стьюдента.

Результаты исследования всхожести, дружности прорастания и энергии прорастания семян представлены на рисунках 1–3 (достоверно отличаются от контроля при уровне значимости  $p < 0,05$ ).



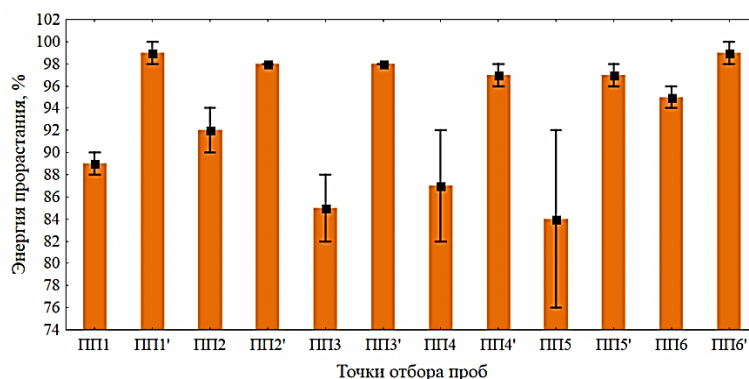
ПП1, ПП2, ПП3, ПП4, ПП5, ПП6 – пробные площадки, на которых отбор воды осуществлялся в июне 2020 года;  
 ПП1', ПП2', ПП3', ПП4', ПП5', ПП6' – пробные площадки, на которых отбор воды осуществлялся в сентябре 2020 года; ПП6 и ПП6' – контроль

**Рисунок 1. – Результаты фитотестирования водных объектов по всхожести семян кресс-салата (*Lepidium sativum*)**



ПП1, ПП2, ПП3, ПП4, ПП5, ПП6 – пробные площадки, на которых отбор воды осуществлялся в июне 2020 года;  
 ПП1', ПП2', ПП3', ПП4', ПП5', ПП6' – пробные площадки, на которых отбор воды осуществлялся в сентябре 2020 года; ПП6 и ПП6' – контроль

**Рисунок 2. – Результаты фитотестирования водных объектов по дружности прорастания семян кресс-салата (*Lepidium sativum*)**



ПП1, ПП2, ПП3, ПП4, ПП5 – пробные площадки, на которых отбор воды осуществлялся в июне 2020 года;  
 ПП1', ПП2', ПП3', ПП4', ПП5' – пробные площадки, на которых отбор воды осуществлялся в сентябре 2020 года;  
 ПП6 и ПП6' – контроль

**Рисунок 3. – Результаты фитотестирования водных объектов по энергии прорастания семян кресс-салата (*Lepidium sativum*)**

Среди тест-реакций наименьшая вариабельность, а следовательно, и информативность выявлены для всхожести и энергии прорастания семян (рисунок 1 и 3). Так, у кресс-салата снижение всхожести отмечено на ПП3, ПП5, а энергия прорастания – на ПП1, ПП3, ПП4, ПП5 (пробы, отобраны в июне 2020 года) по отношению к контролю ( $p = 0,02$ ). Более чувствительным к изменению состояния водной экосистемы оказался показатель «дружность прорастания семян», поскольку изменение этого показателя значительно варьируется на ПП2, ПП3, ПП4, ПП5 ( $p = 0,0002$ ) по отношению к контролю. Интересным представляется то, что в пробах воды, отобранных в водных объектах города Мозыря в сентябре 2020 года, по всем анализируемым параметрам (всхожесть, дружность прорастания и энергия прорастания) значительных различий между водными объектами из природных источников и контролем выявлено не было. Мы объясняем это следующим образом: отбор проб осуществлялся в конце июня в теплый солнечный день (температура составила 25 °C). Поскольку точки сбора проб, как отмечено в таблице 1, – место отдыха горожан, можно предположить, что анализируемые водные объекты на протяжении длительного периода (май – июнь) подвергались серьезной антропогенной нагрузке. В сентябре уровень антропогенной нагрузки значительно снижается, что логично, поскольку заканчивается период отпусков, наблюдаются перепады температурного режима (от 20 °C до 15 °C), изменения скорости ветра, переменная облачность, что препятствует длительному времяпрепровождению рядом с водными объектами.

В рамках настоящего исследования мы учли такие морфологические параметры, как длина корня и длина наземной части проростка. Минимальные значения данного параметра отмечены в ПП3, ПП5 (июнь) и ПП5' (сентябрь), достоверно отличающихся от контрольной группы ( $p = 0,0$ ), в то время как в остальных пробах длина корня и наземной части проростка оказались сходными с контролем. Данный факт можно объяснить разной чувствительностью растения к загрязнителям. Масса проростков максимальна в контроле, но также не имела вариабельности на разных пробных площадках.

### Заключение

Водные объекты города Мозыря, в частности, озеро в лесопарке «Молодежный», Бобровское озеро, озеро в Козенском сельсовете рядом с деревней Дрозды, река Припять, характеризуются благоприятным экологическим состоянием, поскольку органолептические и физико-химические свойства как в летний, так и осенний периоды соответствуют нормативам, указанным в санитарных правилах и нормах 2.1.4. В пробах воды ПП1 (лесопарк «Молодежный») и ПП2 (Бобровское озеро) отмечены химические вещества (содержание фосфатов превышает ПДК), относящиеся к 3 классу опасности согласно санитарно-токсикологическому признаку вредности, в связи с чем данные природные источники не пригодны для хозяйственно-питьевых целей. В анализируемых пробах воды отсутствовали различимые невооруженным глазом водные организмы и поверхностная пленка.

Проанализировав полученные данные по фитотестированию воды в природных источниках города Мозыря, можно заключить, что в летний период (июнь) 2020 года водные объекты города Мозыря подвергаются максимальной антропогенной нагрузке, а к сентябрю антропогенный пресс несколько снижается, что обусловлено изменением температурного режима, скорости ветра и переменной облачностью. В сентябре физико-химические и биологические процессы, происходящие в водных экосистемах, способствуют самоочищению воды.

Семена кресс-салата (*Lepidium sativum*) можно использовать для биотестирования водных объектов в лабораторных условиях, поскольку на фоне низкой стоимости и доступности они обладают высоким процентом всхожести, а также высокой чувствительностью к загрязнителям.

#### СПИСОК ОСНОВНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Марчик, Т. П. Экспресс-оценка качества воды в реке Неман с использованием высших растений в качестве тест-объектов / Т. П. Марчик, С. Ч. Затейкина // Биология и химия. – 2019. – № 3. – С. 63–67.
2. Олькова, А. С. Биотестирование в научно-исследовательской и природоохранной практике России / А. С. Олькова // Успехи современной биологии. – 2014. – Т. 134, № 6. – С. 614–622.
3. Логинов, В. Ф. Антропогенное воздействие на водные ресурсы Беларуси / В. Ф. Логинов, В. Ф. Иконников // Природные ресурсы. – 1999. – № 3. – С. 23–38.
4. Бирицкий, М. И. Закономерности воздействия природных и антропогенных загрязнителей на поверхностные воды / М. И. Бирицкий, Э. П. Коваленко // Водные ресурсы. – 1998. – № 4. – С. 25–33.
5. Bai, X. Industrial ecology and the global impacts of cities / X. Bai // J. Industr. Ecol. – 2007. – Vol. 11, n 2. – P. 1–6.
6. Красильникова, Н. С. Биоиндикация качества воды реки Свяги с помощью высших водных растений / Н. С. Красильникова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2010. – № 4. – С. 261–264.
7. Биоиндикационный подход к оценке экологического статуса территорий по морфологическим и цитогенетическим показателям растений / О. В. Лозинская [и др.] // Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – 2019. – Т. 64, № 3. – С. 364–373.
8. Лозинская, О. В. Сравнительный анализ состояния ценопопуляций березы повислой (*Betula pendula* Roth), произрастающей в условиях с разным уровнем антропогенной нагрузки / О. В. Лозинская, А. И. Крижевская, С. Б. Мельников // Экологический вестник. – 2013. – № 4. – С. 103–108.
9. Вода. Общие требования к отбору проб: СТБ ГОСТ Р 51592-2001. Введ. 30.05.2001. – Минск: Госстандарт, 2001. – С. 35.
10. Петин, А. Н. Анализ и оценка качества поверхностных вод: учеб. пособие / А. Н. Петин, М. Г. Лебедева, О. В. Крымская. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2006. – С. 252.
11. Санитарные правила и нормы 2.1.4. «Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы СанПиН 10–124 РБ 99» [Электронный ресурс] / Санитарные правила и нормы 2.1.4. «Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы СанПиН 10–124 РБ 99». – Беларусь, 1999. – Режим доступа: <https://mshp.gov.by/ohrana/f69c8d0f263870d0.html>. – Дата доступа: 15.09.2020.

Поступила в редакцию 17.09.2020

E-mail: masch.89@mail.ru; tur\_tatiana64@mail.ru;  
m\_podobed@list.ru; olyphashko@gmail.com

M. M. Varabyova, T. V. Tur, M. N. Padabed, O. S. Pashko

#### STUDY OF ORGANOLEPTIC AND PHYSICO-CHEMICAL INDICATORS OF THE QUALITY OF WATER OBJECTS OF MOZYR, AS WELL AS EXPRESS EVALUATION OF DATA OF OBJECTS USING LEPIDIUM SATIVUM SEEDS

It has been established that the water objects Mozyr are characterized by a favorable ecological state. The organoleptic and physicochemical properties both in summer and in autumn corresponding to sanitary standards and rules, but they are not suitable for household and drinking purposes.

The data on phytotesting of water in the natural springs of Mozyr allow us to conclude that in the summer period (June) of 2020, the water objects of Mozyr are exposed to the maximum anthropogenic pressure, and by September the anthropogenic pressure is slightly reduced.

The seeds of watercress (*Lepidium sativum*) can be successfully used for biotesting of water objects in laboratory conditions.

Keywords: organoleptic indicators, physico-chemical indicators, city of Mozyr, water objects, *Lepidium sativum*, anthropogenic pressure.