

## **ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЁННОСТИ РОДНИКОВЫХ ВОД ГОРОДОВ ИВАНОВО И КОХМА**

*Лузева Юлия Сергеевна, магистрант 2-го года обучения кафедры промышленной экологии ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»*

*E-mail: luzeva.yulya@mail.ru*

*Буймова Светлана Александровна – канд. хим. наук, доц., доц. кафедры промышленной экологии ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»*

*Буймов Станислав Дмитриевич – учащийся 8 класса МБОУ СШ № 28 г.Иваново*

**Аннотация:** В статье рассмотрены проблемы безопасности родников. Проведена оценка уровня токсичности родниковых и водопроводных вод с помощью методов биотестирования. Определён химический состав воды и проведён корреляционный анализ между содержанием компонентов и процентом гибели тест-организмов.

**Ключевые слова:** биотестирование, химический анализ, родниковая вода, экологический мониторинг, критериальные поллютанты.

**Введение.** Антропогенный фактор является причиной возникновения аварий и чрезвычайных ситуаций, влекущих за собой экологические проблемы, связанные с негативным воздействием на объекты окружающей среды. При возникновении проблем с подачей населению питьевой воды из централизованных систем водоснабжения, резервным источником могут стать родники, расположенные на территории или вблизи населённых пунктов. Кроме того, проблема качества питьевой воды в крупных городах также вынуждает население искать резервные источники питьевого водоснабжения.

Ливневые сточные воды с автомобильных дорог проходя через почвенный слой могут стать источником загрязнения подземных вод (в том числе родниковых). В связи с этим необходимо проводить постоянный контроль качества подземных вод. Оценка качества окружающей среды и эффективность мер по её восстановлению стала важной научно-практической задачей.

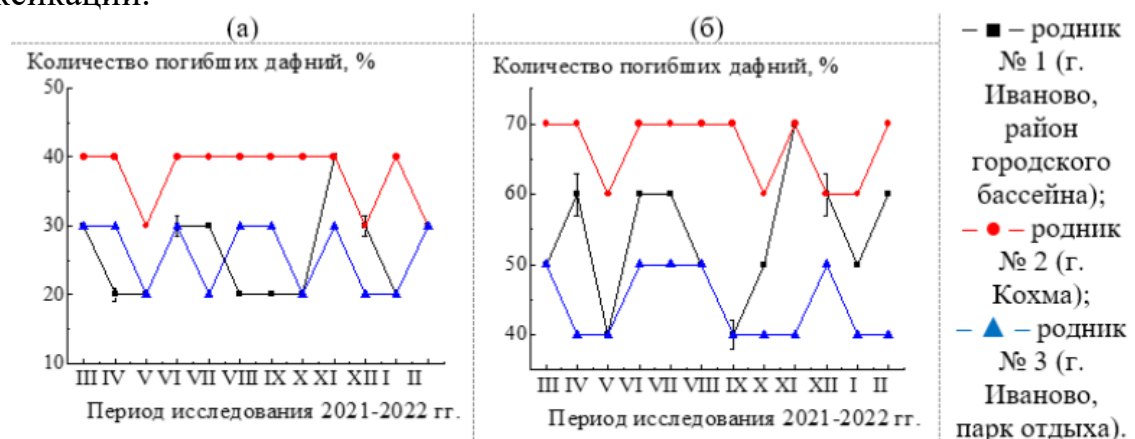
**Целью** работы являлись анализ и оценка состояния родниковых вод с применением физико-химических методов и биотестового анализа.

**Материалы и методы.** В работе проводился биотестовый анализ образцов вод с применением ракообразных *Daphnia Magna* [1]. *Daphnia Magna* в природных условиях живут в мелких водоёмах, питаются бактериями и фитопланктоном. Легко культивируется в лабораторных условиях в любое время года и обладают высокой чувствительностью к токсикантам различной природы [2]. Методика биотестирования рекомендована органами Росприроднадзора для анализа и оценки качества сточных, подземных и поверхностных вод, донных отложений, а

также водных растворов отдельных веществ и их смесей [1]. Представленный метод позволяет установить наличие или отсутствие острого токсического действия и хронической интоксикации.

Для анализа были отобраны пробы воды из трёх родников, расположенных в городах Иваново и Кохма, а также анализировалась вода из городской централизованной системы водопровода города Иваново. Продолжительность биотестирования - 96 часов, начальная посадка *Daphnia Magna* – 10 штук. В каждом опыте, согласно РД 52.24.635-2002, в течение определённого времени подсчитывалось количество выживших *Daphnia Magna*. Пригодность культуры к биотестированию определяли с помощью чувствительности тест-организмов к стандартному токсиканту ( $K_2Cr_2O_7$ ). Результаты биотестирования считались достоверными, так как гибель тест-организмов в контрольной пробе за всё время наблюдений не превысила 10 %.

**Результаты и их обсуждение.** Результаты исследований проб родниковой воды представлены на рисунке 1. Результаты эксперимента показали, что пробы водопроводной воды обладают острым токсическим действием на тест-организмы, а для проб родниковой воды характерно наличие хронической интоксикации.



**Рисунок 1 - Динамика количества погибших *Daphnia Magna* от времени при биотестировании родниковой воды (а – острое токсическое действие; б – хроническая интоксикация)**

На основании полученных данных можно провести ранжирование источников родниковой воды по уровню токсического эффекта (в порядке снижения) [3]: *городская водопроводная вода* → *родник в городе Кохма* → *родник в районе городского бассейна г. Иваново* → *родник в парке отдыха «Харинка» г. Иваново*.

Отметим, что подготовка и обеззараживание воды, поступающей в централизованную систему водоснабжения г. Иваново, осуществляется с применением этапов хлорирования, поэтому вполне ожидаемы результаты гибели дафний. Этот факт подтверждает отсутствие благоприятной среды для развития патогенных микроорганизмов, продукты жизнедеятельности которых, могут оказать токсичное действие на организм человека и вызвать заболевания желудочно-кишечного тракта.

Для определения возможных причин гибели тест-организмов и идентификации поллютантов, содержащихся в пробах родниковой воды, в работе проводился анализ состояния исследованных образцов вод с применением физико-химических методов исследования. Отбор и анализ проб воды проводились в соответствии с действующей нормативной документацией при участии специалистов аккредитованной лаборатории. Контроль качества воды осуществлялся по следующим показателям:

- 1) органолептическим: запах, привкус, цветность, мутность;
- 2) обобщённым: рН, ХПК<sub>KMnO4</sub>, жёсткость, общая минерализация, СПАВ;
- 3) содержанию анионов:  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ;
- 4) содержанию катионов:  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ , а также общее содержание  $\text{Cu}_{\text{общ}}$ ,  $\text{Fe}_{\text{общ}}$ ,  $\text{Mn}_{\text{общ}}$ ,  $\text{Cr}_{\text{общ}}$ .

В случае возникновения ЧС техногенного или природного характера возможно использование для питьевых целей родниковую воду. Для оценки качества родниковой воды были использованы ПДК<sub>пит</sub> в соответствии с СанПиН 2.1.4.1074-01 [4]. Отметим, что результаты исследования с применением физико-химических методов подтвердили данные, полученные с помощью метода биотестирования с применением *Daphnia Magna* [5].

В исследованных источниках обнаружено превышение нормативных требований по показателям качества: по величине общей жёсткости (на уровне 1,3 ПДК<sub>пит</sub>), СПАВ (до 4,0 ПДК<sub>пит</sub>) и содержанию  $\text{NO}_3^-$  (до 2,4 ПДК<sub>пит</sub>) – (Рисунок 2).



- ■ — родник № 1 (г. Иваново, район городского бассейна);  
 — ● — родник № 2 (г. Кохма); — ▲ — родник № 3 (г. Иваново, парк отдыха).

**Рисунок 2 - Изменение величин общей жёсткости (а), СПАВ (б), величины  $\text{NO}_3^-$  (в) для родниковой воды**

Таким образом, результаты исследования с применением физико-химических методов подтвердили данные, полученные с помощью метода биотестирования с применением *Daphnia Magna* [5].

Обнаруженные в воде компоненты могут вызвать неблагоприятное влияние на организм человека при постоянном употреблении воды данного состава в питьевых целях. Поэтому перед пероральным употреблением родниковой воды необходима её очистка (обработка). Эксперименты показали, что после дополнительной обработки воды содержание вредных компонентов в воде снижается до достижения значений, установленных нормативными документами. В работе был проведён корреляционный анализ между различными показателями

качества. На основе полученного коэффициента регрессии для источника №1 наблюдались выраженные корреляционные зависимости между количеством погибших *Daphnia Magna* и величиной общей минерализации и ХПК родниковой воды, содержанием солей жёсткости, СПАВ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , соединений  $\text{Fe}_{\text{общ}}$ ,  $\text{Mn}_{\text{общ}}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ . Вероятнее всего содержание именно этих компонентов влечёт гибель тест-организмов. Полученные данные подтверждают сделанные ранее выводы о выборе приоритетных поллютантов, характерных для родниковой воды. Отметим, что не было выявлено корреляционных зависимостей между количеством погибших *Daphnia Magna* и содержанием соединений меди. Аналогичным образом были проанализированы и сопоставлены данные химического и биотестового анализов родниковой воды, отобранной из источников № 2 и № 3. Результаты показали, что для родников № 2 и № 3 наблюдались аналогичные зависимости. Для родника № 2 исключения составили показатели величина общей минерализации,  $\text{NH}_4^+$ , а также соединений  $\text{Zn}^{2+}$ . Для родника № 3 – общее содержание солей жёсткости. Поскольку значение стандартной ошибки коэффициента парной корреляции, в большинстве случаев, составило менее 20 %, то можно судить о степени стохастической связи между рассматриваемыми компонентами, т.е. о тесноте стохастической связи между результатами химического анализа по различным компонентам и процентом погибших тест-организмов в родниковой воде. Исключение составили следующие пары показателей: для родника № 3 –  $\text{NO}_2^-$  / процент погибших тест-организмов ( $\sigma_r = 80$  % от величины  $r$ ),  $\text{NH}_4^+$  / процент погибших тест-организмов ( $\sigma_r = 57$  %),  $\text{Cu}_{\text{общ}}$  / процент погибших тест-организмов ( $\sigma_r = 53$  % от величины  $r$ ) и  $\text{Co}^{2+}$  / процент погибших тест-организмов ( $\sigma_r = 60$  % от величины  $r$ ). Следовательно, полученные значения не позволяют судить о тесноте стохастической связи между показателями. Поскольку полученное значение точечной оценки коэффициента парной корреляции  $r \geq 0,6$  наблюдалось для большинства зависимостей, то можно сделать вывод о высоком значении коэффициента парной корреляции между контролируемыми показателями в родниковой воде. Исключение составили: содержание ионов аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) = 0,505 и соединений кобальта ( $\text{Co}^{2+}$ ) = 0,516. Здесь была характерна заметная корреляция между показателями. Содержание нитритов ( $\text{NO}_2^-$ ) не коррелировало с процентом гибели тест-организмов (для родниковой воды из источника № 3). Отметим, что рассчитанное значение стандартной ошибки коэффициента парной корреляции ( $\sigma_r$ ), в большинстве случаев, оказалось отрицательным или значительно меньше 1. Это позволяет судить о наличии стохастической связи между рассматриваемыми компонентами. Выявлено, что связь между наличием в родниковой воде большинства контролируемых компонентов и процентом гибели тест-организмов высокая. При этом следует отметить, что выводы, полученные на основании точечных оценок коэффициентов парной корреляции между двумя переменными и коэффициентов регрессии согласуются, т.е. нельзя исключать вероятность возможного негативного влияния вышеперечисленных компонентов, содержащихся в родниковой воде, на гибель *Daphnia Magna*.

**Заключение.** Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- результаты биотестирования подтверждают данные, полученные с помощью физико-химического анализа проб родниковой и водопроводной воды;
- оценка состояния вод с применением биотестового и физико-химических методов анализа показала наличие в воде поллютантов, которые могут приводить к хронической интоксикации организма (при постоянном употреблении воды в питьевых целях);
- для родниковой воды из исследованных природных источников выявлены корреляционные зависимости между количеством погибших *Daphnia Magna* и содержанием в воде большинства контролируемых показателей. Наибольшее влияние на гибель *Daphnia Magna* оказывали следующие компоненты: СПАВ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}_{\text{общ.}}$ ,  $\text{Fe}_{\text{общ.}}$ ;
- выводы, полученные на основании точечных оценок коэффициентов парной корреляции между двумя переменными и точечных оценок коэффициентов регрессии согласуются;
- вода из исследованных природных источников может быть использована в качестве резервного источника питьевой воды строго после предварительной водоподготовки.

### Библиографический список

1. ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06 Токсикологические методы анализа. Методика определения токсичности водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов, питьевой, сточной и природной воды по смертности тест-объекта *Daphnia Magna*. – М.: 2006. – 44 с.
2. Руководство по определению методов биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов. – М: РЭФИА, НИИ-Природа. 2002. – 118 с.
3. Буймова, С.А. Проблемы безопасности родниковых вод и оценка воздействия уровня загрязнения на объекты биосферы / С.А. Буймова, А.Г. Бубнов, А.А. Каленова, Ю.А. Малова, А.А. Колотилова, Ю.С. Лузева // Актуальные проблемы безопасности в техносфере (научно-аналитический журнал). – 2021. – № 1 (1). – С. 11 – 18.
4. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения.
5. Буймова С.А. Комплексная оценка качества родниковых вод на примере Ивановской области/ С.А. Буймова, А.Г. Бубнов; под ред. А.Г. Бубнова; Иван. гос.хим.-технол. ун-т.- Иваново, 2012. – 463 с.
6. Агробиотехнология-2021 : Сборник статей Международной научной конференции, Москва, 24–25 ноября 2021 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. – 1320 с. – ISBN 978-5-9675-1855-3. – EDN NWTQEX.
7. Вклад студентов в развитие аграрной науки : Сборник статей студенческой научно-практической конференции, Москва, 31 октября 2018 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2018. – 134 с. – ISBN 978-5-9675-1702-0. – EDN YTLELB