

ПРИМЕНЕНИЕ ОБОБЩЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ РЕЧНОГО СТОКА НА СОСТОЯНИЕ ВОДЫ оз. СЕВАН

Г. П. ПИРУМЯН, Ю. И. СКУРЛАГОВ, А. Г. МХИТАРИИ,
А. И. МАРТИРЯН, И. М. БОЛДЫРЕВА

Ереванский государственный университет, Институт химической физики
АН СССР, Москва, Сенгилейская гидробиологическая станция АН АрмССР

Применены параметры самоочищающей способности и редокс-состояния природной воды совместно с биотестированием культурой инфузорий для оценки влияния стока р. Гаварагет на состояние водной среды оз. Севан. Показано, что сток р. Гаварагет неокисляет и не оказывает отрицательного влияния на редокс-состояние воды.

Օգտագործված են բնական ջրի ինքնամաքման հատկության և օրգան-վիճակի պարամետրերը ինֆուզորայի կուլտուրայով կենսատեսափորձան հետ համատեղ Անան լճի ջրային միջավայրի վիճակի Գավառագետ գետի հոսքի ազդեցության գնահատման համար: Յուրջ է տրված, որ Գավառագետ գետի հոսքը ստորին է և բացասական ազդեցություն չի ունենում ջրի օրգան-վիճակի վրա:

The parameters of self-cleaning ability and redox-state of natural waters with biotesting of infusoria cultures to evaluate the influence of the inflow of Gavaraget river on the state of the aqueous medium of Sevan lake have been used. It has been shown that Gavaraget river meanler is not toxic and has no action on the redox state of the water.

Вода оз. Севан—самоочищающая способность—редокс состояние.

Самоочищающая способность и редокс-состояние природной воды могут рассматриваться как одни из наиболее важных показателей качества природной воды, характеризующих не только направленность и интенсивность химических процессов самоочищения, но и токсические свойства воды в отношении гидробионтов [3].

Нами применены подходы [3] с параллельным токсикологическим контролем [1] к оценке влияния речного стока на состояние водной среды оз. Севан в районе впадения в него р. Гаварагет (основного притока Малого Севана).

Материал и методика. Биотестирование. Инфузория класса *Ciliata* subclasses *Holotricha*, отряда *Hymenostomata*, *Tetrahymena pyriformis* очень чувствительна к достаточно малым концентрациям загрязняющих веществ, попадающих в водные экосистемы. Короткий жизненный цикл развития инфузорий дает возможность быстро выявить характер действия токсикантов. Простота культивирования, доступность проведения исследований позволяют использовать этот тест-объект не только в лабораторных, но и полевых условиях.

Показателем токсичности испытуемой пробы являются подавление скорости прироста клеток инфузорий (в хроническом опыте в течение 96 ч) и их гибель в остром опыте—15 мин, 1 ч).

Сокращения: ПИМД—параинтродиметиланилин

В лабораторных условиях инфузории культивируются на питательной среде (углеводно-солевая дрожжевая) при температуре 18—22°.

Исследуемые пробы воды разливают в пробирки (высотой не более 5 см), число повторностей 5—10. Разбавляющей водой и контролем служит питательная среда, разбавленная в 10 раз. Общий объем жидкости не должен превышать 5 см. В каждую подготовленную пробу вносят по 0,04 мл 7-суточной культуры инфузорий. Перед микроскопированием опытные пробирки тщательно встряхивают и под микроскопом (марки МБС, МБС-1) в 5 каплях подсчитывают количество клеток инфузорий. Окуляр переводится на каплю, и в поле видимости подсчитываются инфузории, затем окуляр переводится на другую каплю и производится такой же подсчет и т. д. Для экспресс-оценки токсичности пробы воды численность живых клеток контролируется через 15 мин и через 1 час. На хроническом опыте—через 24, 48, 72, 96 ч в одно и то же время. О токсичном действии пробы воды судят по выживаемости и характеру движений инфузорий (нормальное, замедленное, вращательное, маятникообразное, резкое изменение направления движения).

Критерием токсичности служит показатель размножения, за который принимается относительный прирост численности клеток в 1 мл исследуемой пробы воды. Значение относительного прироста клеток (K) в t -повторности, где 1—пробегаем значение от 1 до 5—10 и рассчитывается следующим образом:

$$K = \frac{V_{\text{кон.}}^t - V_{\text{нач.}}^t}{V_{\text{кон.}} - V_{\text{нач.}}}$$

где $V_{\text{нач.}}^t$ —среднее количество инфузорий в поле видимости окуляра в начальный момент измерения в t -повторности (получается усреднением по всем каплям); $V_{\text{кон.}}^t$ —среднее количество инфузорий в поле видимости окуляра в конечный момент измерения в t -повторности; $V_{\text{кон.}}$ —среднее количество инфузорий в поле видимости окуляра в начальный момент измерения и контроле; $V_{\text{нач.}}$ —среднее количество инфузорий в поле видимости окуляра в конечный момент измерения и контроле.

Пробу воды следует считать токсичной при значении $K < 0,5$ при разбавлениях не более чем 1:10.

Достоверность отклонения показателей определяется по критерию Стьюдента [2].

Модифицированный метод фотоколориметрического определения малых количеств перекиси водорода. Для определения малых количеств перекиси водорода в водных растворах использована реакция пероксидазного окисления лейко-формы красителя кристаллического фиолетового—4,4',4''-метилен трис(*N,N*-диметиламина) [5, 6].

Суть метода заключается в появлении интенсивного поглощения света на длине волны 592 нм при смешении проявляющего раствора (лейко-основание, пероксидаза хрена, ацетатный либо фосфатный буфер, рН 1,5) с анализируемой пробой природной воды. Окраска появляется вследствие пероксидазного окисления лейко-основания.

Коэффициент экстинкции красителя близок к 10^5 моль⁻¹ см⁻¹, чувствительность метода достигает $\sim 10^{-7}$ М H_2O_2 . Для регистрации оптической плотности может быть использован либо спектрофотометр или фотоколориметр. Для приготовления растворов брали стандартные димревктивы.

Патурные измерения проводили в июле 1987 г. в районе 16.00—17.00 ч. (когда происходит максимальная пароботка H_2O_2) в условиях солнечной погоды и при умеренном волнении воды. Природную воду исследовали без дополнительной обработки.

Для определения в водной среде ОН-радикалов параметры ингибиторной способности в отношении процессов радикального самоочищения— $\sum_i [S_i]$ [7] измеряли с помощью красителя ПНДМА. Эта величина в разных типах природной воды и в разное время года колеблется от 10^3 сек⁻¹ для наиболее чистых водоемов до $3 \cdot 10^6$ сек⁻¹ [3] для наиболее загрязненных.

Способность природной воды к пароботке H_2O_2 под действием УФ-излучения оценивали путем облучения проб воды фильтрованным УФ-светом лампы ПРК-2 (фильтр БС-3, $\lambda = 313$ —365 нм). Согласно данным [4], такой фильтрованный свет можно использовать для моделирования фотохимических реакций, индуцированных солнечным излучением.

Результаты и обсуждение. Как видно из приведенных данных (таблица), в районе впадения р. Гаварагет в оз. Севан обнаруживается максимальное содержание H_2O_2 , что объясняется притоком органических веществ—продуктов H_2O_2 . Об этом свидетельствует, в частности, высокое значение параметра $\sum K_i [S_i]$ в заливе и нижнем течении р. Гаварагет (проба № 3).

Показатели к оценке влияния стока р. Гаварагет на состояние воды оз. Севан

№ пробы	Место отбора пробы	Содержание H_2O_2 , моль/л	Коэффициент токсичности, K_T (за 24 ч)	$\sum k_i [S_i]$, сек ⁻¹	Скорость парабтки H_2O_2 под действием УФ-света моль/час ⁻¹
1	Залив оз. Севан в устье р. Гаварагет	$5 \cdot 10^{-7}$	0,5	$1,4 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^{-4}$
2	Устье р. Гаварагет (застойная зона)	$1,5 \cdot 10^{-7}$	0,5	$5,5 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^{-4}$
3	Р. Гаварагет (в 200 м от устья)	не обнаружена	0,6	$1,5 \cdot 10^4$	$2,25 \cdot 10^{-4}$
4	Оз. Севан (вдали от устья р. Гаварагет фон)	не обнаружена	0,2	$7,1 \cdot 10^3$	$1,1 \cdot 10^{-4}$

Сравнение величин $\sum K_i [S_i]$ в застойной зоне (проба № 2) и в заливе (проба № 1), разделенных наносами донных отложений, свидетельствует об отсутствии интенсивного водообмена между ними. Большие значения $\sum K_i [S_i]$ р. Гаварагет (проба № 3) и залива устья реки (проба № 4) показывают, что преобладает подземный сток р. Гаварагет в оз. Севан.

Снижение параметра $\sum K_i [S_i]$ в застойной зоне (проба № 2) свидетельствует о высокой эффективности процессов радикального самоочищения в этой зоне.

В естественных условиях образование H_2O_2 в природной воде происходит в основном в результате фотохимических превращений растворенных веществ под действием УФ-составляющей солнечного излучения.

Данные таблицы выявляют качественную корреляцию между величиной $\sum K_i [S_i]$ и скоростью фотохимической парабтки H_2O_2 . В то же время не обнаруживается корреляции между скоростью фотохимической парабтки H_2O_2 и ее стационарной концентрацией в тех же пробах воды. Это свидетельствует о неодинаковой эффективности в этих же пробах процессов, приводящих к разложению H_2O_2 .

Интересно отметить, что добавки супероксиддиамуказы (активность 3000 ед./мг, $M=32000$) в количествах порядка 10 мг/л не влияют на скорость образования H_2O_2 . Следовательно, в изученной пробе (№ 4) воды оз. Севан супероксидные радикалы, предшествующие H_2O_2 , гибнут в основном в результате их диспропорционирования.

В таблице приведены также результаты биотестирования свежесобраных проб воды. В качестве количественного показателя токсичности брали K_T . Считается, что пробы воды с $K_T \geq 0,5$ нетоксичны.

Следовательно, сток р. Гаварагет нетоксичен. Варьирование K_1 в пределах 0,66—1,0 в пробах обусловлено неодинаковым содержанием в них питательных веществ. Можно заметить корреляцию между пробой № 1 и пробой № 3, как и при сравнении величин $\sum K_i [S_i]$. Полную нетоксичность воды в застойной зоне (проба № 2) можно объяснить повышенной самоочищающей способностью природной воды в этой зоне. Удивительно, что в фоновой точке (проба № 4) обнаружена хроническая токсичность ($K_2 = 0,2$). Движение клеток было заторможено и их форма менялась по сравнению с контролем. Тем не менее после 48—72-часовой экспозиции токсичность исчезла, и во всех пробах воды $K \geq 0,9$. Очевидно, что при длительных хронических опытах состояние воды в пробах меняется и наиболее информативными следует считать экспрессные методы биотестирования.

Полученные данные показывают, что сток р. Гаварагет нетоксичен и не оказывает отрицательного влияния на редокс-состояние водной среды оз. Севан.

Предлагаемая методика, дополненная кинетическими и гидрохимическими показателями, позволит полностью охарактеризовать влияние речного стока на состояние воды в водоеме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болдырева Н. М., Шпотова Т. В., Штамм Е. В., Эрнестова Л. С., Скурлатов Ю. И. Водные ресурсы, 10, 1987.
2. Плехинский Н. А. Биометрия, М., 1970.
3. Скурлатов Ю. И., Эрнестова Л. С., Штамм Е. В., Шпотова Т. В., Калинин В. Б. Докл. АН СССР, 276, 4, 1014—1016, 1984.
4. Эрнестова Л. С., Скурлатов Ю. И., Бокман Л., Зетт Р., Шпотова Т. В. Метеорология и гидрология, 10, 59—67, 1985.
5. Draper W. M., Ccerby D. G. Arch. Environ. cont. toxicol., 12, 121, 1983.
6. Motiola H., Simpson B., Gorin C. Anal. chem., 42, 410, 1970.
7. Stamm E. V., Purmal A. P., Skurlatov Yu. I., Travin S. O., Ernestova L. S. Fundamental Research in Homogeneous Catalysis, 3, Gordon and Breach Science Publishers, 1219—1233, 1986.

Поступило 11.XII 1987 г.