

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ**

*Светлана Арсеньевна Степанова*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры специальных устройств, инноватики и метрологии, тел. +7 (913) 795-97-03, e-mail: svetlana.himiya@mail.ru

*Галина Вячеславна Симонова*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры специальных устройств, инноватики и метрологии, тел. +7 (913) 724-67-47, e-mail: simgal@list.ru

Статья посвящена сравнению методов оценки изменения концентрации загрязнителей в водных растворах и анализу факторов, участвующих в этих процессах. Искажение параметров биосферы Земли в результате разнообразного влияния техногенных факторов в настоящее время приобретает все более угрожающий характер. Такими загрязнителями, в частности, являются лекарственные формы, которые попадают в почвенные и водные территории, нарушая их естественные условия функционирования, и, как следствие, представляют серьезную опасность для животных и людей. Процессы взаимодействия лекарственных препаратов с природными образованиями очень разнообразны, поэтому разработать достаточно эффективные методы очистки затруднительно. В последнее время большое внимание уделяется биологическим методам очистки, когда экосистема восстанавливает свои характеристики с помощью естественных очистителей, в частности применению растений, которые достаточно универсально поглощают разные примеси, в том числе и лекарственные препараты. В работе приводятся результаты экспериментов по оценке изменения концентрации примесей разными способами при очистке воды от примесей с помощью растения эйхорния.

**Ключевые слова:** загрязнители, лекарственные препараты, концентрация, электропроводность, водородный показатель, диэлектрические потери

## **COMPARATIVE EVALUATION OF CONTROL METHODS FOR WATER PURIFICATION FROM POLLUTION**

*Svetlana A. Stepanova*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor of Department of Special-purpose Devices, Innovatics and Metrology, phone: +7 (913) 795-97-03, e-mail: svetlana.himiya@mail.ru

*Galina V. Simonova*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor of Department of Special-purpose Devices, Innovatics and Metrology, phone: (913)724-6747, e-mail: simgal@list.ru

Article is devoted to comparison of methods for assessing changes in concentration of pollutants in aqueous solutions, and to analysis of factors involved in these processes. The distortion of parameters of Earth's ecosphere due to various influence of technogenic factors now become more and more threatening. Such pollutants, in particular, are dosage forms that enter soil and water areas, violate their natural

conditions of functioning, and, as a result, pose a serious danger to both animals and humans. The processes of interaction of drugs with natural formations are very diverse; therefore, it is difficult to develop sufficiently effective methods of purification. Recently, much attention has been paid to biological methods of purification, when the ecosystem restores its characteristics and with the help of natural purifiers, in particular, the use of plants that quite universally absorb various impurities, including drugs. The paper presents the results of experiments evaluating the change in the concentration of impurities in different ways when purifying water from impurities using the eichornia plant.

**Keywords:** pollutants, drugs, concentration, conductivity, pH, dielectric loss

### *Введение*

Природные комплексы земного шара в настоящее время подвергаются существенному воздействию разнообразных техногенных факторов, что нарушает их естественные характеристики. Основными источниками загрязнения являются промышленные сточные воды, содержащие химические соединения элементов, аварии химических водохранилищ и установок, заводы черной и цветной металлургии. При определенных биогеохимических условиях и концентрациях загрязнители начинают оказывать токсическое воздействия на живые организмы, которое может достигнуть предельно опасного уровня. Наличие в сточных водах различных химических элементов, таких, например, как ртуть и другие металлы, может сопровождаться массовыми заболеваниями людей, приводящими к физическим и психическим расстройствам [1–4].

Загрязнение гидросферы фармацевтическими препаратами, в частности антибиотиками является экологической угрозой мирового масштаба [5–7]. Антибиотики могут накапливаться в организме человека, животных и в обитателях гидросферы. Исследования показали, что главными источниками загрязнения воды антибиотиками являются фармацевтические предприятия, больничные сточные воды и сельское хозяйство, а именно птицеводство и животноводство, где для стимуляции роста, а также для лечения и профилактики, применяются лекарственные препараты. Использованные не полностью или с истекшим сроком годности препараты, утилизированные вместе с химическими отходами, повторное использование твердого и жидкого навоза скота в сельском хозяйстве в качестве удобрений и т. д. также загрязняют природную среду [8, 9]. Описанные процессы обуславливают рассеивание фармацевтических препаратов в почве и в водоемах. Оборудованные комплексы для очистки воды не приспособлены к определению в воде лекарственных средств и не способны удалять из нее лекарственные соединения. Поэтому в настоящее время практически во всем мире фармацевтические препараты обнаружены в гидросфере и почве [5–8].

Следует добавить, что при попадании в водную среду фармацевтические препараты могут подвергаться изменению, по этой причине появляются соединения, обладающие сильной токсичностью и повышенной стойкостью [10, 11]. Таким образом достаточно актуальной задачей современности является поиск не только эффективных способов очистки биосферы от загрязнителей, но и оптимальных методов оценки этой эффективности.

## *Методы и материалы*

Использование определенного оборудования и технологические особенности очистительного процесса напрямую зависят от вида микроорганизмов, которые образуют очищающую биомассу. Все они делятся на две основные группы: аэробные и анаэробные. Аэробным бактериям для окисления веществ необходим кислород, который они потребляют в процессе питания. Анаэробные организмы при выполнении своей «работы» в кислороде не нуждаются. В случае с биологическими прудами процессы самоочищения сточных вод осуществляются в открытых искусственных водоемах. Такой способ намного выгоднее других методов очистки.

Для оценки процесса очистки водной среды от лекарственных препаратов были использованы популярные антибиотики типа гентамицин  $C_{21}H_{43}N_5O_7$  и цефтриаксон  $C_{18}H_{18}N_8O_7S_3$  [10,12,13].

Изменение концентрации водного раствора препаратов осуществлялась биологическим методом с помощью растения эйхорнии, которое весьма эффективно поглощает органические загрязнения, в том числе и антибиотики [11,14,15]. Измерения выбранных параметров с целью выбора метода контроля изменения концентрации примесей в растворах производились как на модельной смеси с известной концентрацией примесей, так и на очищенных с помощью эйхорнии растворах. Следует предположить, что обладающие разной молекулярной формулой препараты обладают разной динамикой разложения при взаимодействии с природным очистителем и по-разному проявляются при контроле используемых параметров. В данной работе при поведении экспериментов измерялись рН растворов, электропроводность ( $E$ ) и тангенс угла диэлектрических потерь ( $\operatorname{tg} \varphi$ ), что предлагается в известных литературных источниках [10, 12].

Динамика очистки воды от антибиотиков исследовалась на анализаторе удельной электропроводности жидкости МУЛЬТИТЕСТ КСЛ-101 и рН-метре Starter 3100.

## *Результаты*

Полученные зависимости изменения определяемых параметров при изменении эталонных концентраций примесей для разных антибиотиков приведены в табл. 1. Для получения растворов использовались стандартные формы препаратов (гентамицин, ампулы, 4%, 2мл; цефтриаксон, порошок, 1 г.), поступающие в розничную продажу.

Анализ полученных результатов говорит о некоторой неоднородности распределения примесей при растворении, но обе примеси показали заметное увеличение электропроводности при увеличении концентрации примесей и слабую зависимость от изменения концентрации примесей, как тангенса угла диэлектрических потерь, так и рН раствора.

Таблица 1

Зависимость контролируемых параметров  
от изменения концентрации примесей

Вещество примеси	Концентрация,	E, (мСм/м)	tg φ	pH
Гентамицин, 10 <sup>-4</sup> (моль/л)	0,34	35,5	0,56	8,03
	0,68	35,2	0,53	7,87
	1,35	36,9	0,52	7,80
	2,03	37,8	0,53	7,80
	2,70	42,0	0,52	7,75
Цефтриаксон, 10 <sup>-2</sup> (моль/л)	0,12	32,9	0,57	7,94
	0,30	37,1	0,57	7,84
	0,60	43,7	0,57	7,82
	0,90	51,1	0,53	7,61
	1,20	51,9	0,55	7,54

Результаты очистки растворов от органических примесей с помощью растения эйхорнии в зависимости от срока пребывания растения в растворе приведены в табл. 2, 3 и 4.

Таблица 2

Электропроводность (E)

Образец №1	мСм/м	Образец №2	мСм/м	Образец №3	мСм/м
исходная	30,5	исходная	27,4	исходная	33,0
1 неделя	48,6	1 неделя	56,3	1 неделя	82,1
2 недели	83,9	2 недели	96,2	2 недели	164,1
3 недели	92,4	3 недели	101,8	3 недели	163,0

Электропроводность исследуемых растворов возрастает для всех образцов при увеличении времени очистки, однако, темпы этого роста заметно снижаются. Полученные результаты принципиально отличаются от результатов измерений на модельных препаратах.

Тангенс диэлектрических потерь уменьшается с увеличением времени, очистки, что говорит о качественном изменении состава примесей в растворе.

Зависимость концентрации ионов водорода при увеличении времени очистки имеет неоднозначный характер, что, возможно, указывает на протекание нескольких реакций одновременно с образованием новых химических веществ.

Таблица 3

Тангенс диэлектрических потерь ( $tg\varphi$ )

Образец №1	$tg\varphi$	Образец №2	$tg\varphi$	Образец №3	$tg\varphi$
исходная	0,64	исходная	0,74	исходная	0,53
1 неделя	0,51	1 неделя	0,43	1 неделя	0,44
2 недели	0,44	2 недели	0,40	2 недели	0,34
3 недели	0,43	3 недели	0,40	3 недели	0,33

Таблица 4

## Концентрация ионов водорода (рН)

Образец №1	рН	Образец №2	рН	Образец №3	рН
исходная	7,82	исходная	7,97	исходная	8,18
1 неделя	8,12	1 неделя	8,35	1 неделя	8,14
2 недели	7,54	2 недели	8,56	2 недели	7,75
3 недели	8,37	3 недели	8,04	3 недели	7,76

**Обсуждение**

На основании полученных результатов можно считать наиболее эффективным способом оценки изменения концентрации органических примесей измерение электропроводности растворов. Неоднозначность результатов измерений, как тангенса угла диэлектрических потерь, так и рН раствора, возможно указывает на процесс трансформации органических молекул в более простые вещества в результате взаимодействия с природным очистителем.

**Заключение**

В результате проведенных экспериментов выявлено заметное изменение таких параметров растворов, как электропроводность, тангенс диэлектрических потерь и рН среды при взаимодействии с природным очистителем эйхорнией. Установлено, что изменение всех измеряемых параметров снижает темпы при увеличении времени очистки, что, скорее всего, указывает на изменение концентрации антибиотиков в исследуемых растворах с формированием простых веществ. Неоднозначность результатов измерений динамики процессов позволят предположить наличие нескольких механизмов очистки, включая не только разложение органических молекул на неорганические, но и преобразование органических соединений в биологическую массу растений.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 12.3.041-86. Система стандартов безопасности труда. Применение пестицидов для защиты растений. Требования безопасности: межгосударственный стандарт. Введ. 01.01.1987. – М.: Издательство стандартов ИПК, 2001. – 66 с.
2. Степанова С. А. Особенности разложения гербицида в почве // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр., 15–26 апреля 2013 г., Новосибирск: Междунар. науч. конф. «Сиб-Оптика»: сб. материалов в 2 т. – Новосибирск: СГГА, 2013. – Т.1. – С. 192–194.
3. Степанова С.А., Симонова Г.В. Оценка изменения концентрации гербицидов в почве // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVI Национальная конференция с международным участием СибОптика-2020, 17–20 сентября 2020 г.: сб. материалов в 8 т. – Новосибирск: СГУГиТ, 2020. – Т. 8, №2. – С.56–61.
4. Кулапина Е. Г., Барагузина В. В., Кулапина О. И. Ионметрическое определение гентамицина и канамицина в биологических жидкостях и лекарственных формах // Химико-фармацевтический журнал. – 2004. – Т. 38, №9. – С. 48–51.
5. Орлов Д. С., Садовникова Л. К., Лозановская И. Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2002. – 334 с.
6. Энциклопедия лекарств и товаров аптечного ассортимента [Электронный ресурс] / отдел «Действующие вещества» – Электрон. дан. – М., 2010. – Режим доступа: <https://www.rlsnet.ru/> (дата обращения: 05.05.2021).
7. Андриющенко, Е. Лекарства травят питьевую воду [Электронный ресурс] / Е. Андриющенко // Днепр вечерний. – 2017. – 17 июля. – Режим доступа: <http://dv-gazeta.info/vechyorka/zdorovje/lekarstva-travyat-pitevuyu-vodu.html> (дата обращения: 05.05.2021).
8. Баренбойм, Г. М. Загрязнение природных вод лекарствами / Г. М. Баренбойм, М. А. Чиганова. – Москва: Наука, 2015. – 283 с.
9. Лившиц, В. Лекарства как экологическая проблема [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://proza.ru/2013/02/27/1830> . – Загл. с экрана. – Проверено: 19.06.2020.
10. Шпаков, А. Антибиотики и стероиды отравляют сточные воды [Электронный ресурс]: Смерть из канализации / А. Шпаков // Коммерсант. – 1999. – 26 июня. – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/220792> (дата обращения: 04.05.2021).
11. Вершинин В. И., Власова И. В., Никифорова И. А. Основы аналитической химии: учебное пособие. – Омск: ОмГУ, 2007. – 592 с.
12. Семенов М. Ю. Биологическая очистка поверхностных сточных вод от органических загрязнений и соединений азота: дисс. канд. техн. наук: 05.23.04. – Москва, 2007. – 134 с.
13. Non-native Invasive Freshwater Plants – Technical Information [Электронный ресурс]: Washington State Department of Ecology. Archived from the original on 2017-11-15. Retrieved 21 November 2017. – Режим доступа: <http://plants.ifas.ufl.edu/manage/why-manage-plants> (дата обращения: 05.05.2021).
14. Степанова С. А., Симонова Г. В. Водный гиацинт – природный очиститель воды // Вестник СГУГиТ. – 2019. – Т. 24, № 1. – С. 264–276.
15. Джакупова И. Б., Султангазиева Г. С., Божбанов А. Ж. Биологический метод очистки сточных вод / XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего // Пензенский государственный технологический университет. – 2014. – № 1(17). – С. 113–117.

© С. А. Степанова, Г. В. Симонова, 2021