

В оценке внешней и внутренней нагрузок на оз. Байкал важны, ценны и определяющие внешние и тем более внутренние источники вещества, причем для каждого из пяти резервуаров озера, т.к. каждый резервуар имеет свой набор ведущих источников вещества, а известные только для всего озера, усредненные, они дают смазанную, не соответствующую действительности картину.

В поставке биогенных элементов все резервуары, кроме Селенгинского, находятся на внутреннем обеспечении (потоки из донных отложений), и только Селенгинский резервуар питается внешним привносом. Внешняя и внутренняя нагрузки на протяжении озера, в зависимости от морфологии, резко меняются и индивидуальны в каждом резервуаре. Выявлены большие внутренние нагрузки – потоки из донных отложений в четырех резервуарах озера и незначительная в Селенгинском резервуаре. Установлена ведущая роль внутриводоемных процессов в поступлении и утилизации биогенных элементов,  $R_{орг}$ , основных компонентов – катионов и группы микроэлементов в резервуарах оз. Байкал.

Утилизация вещества в донные осадки оз. Байкал избирательна: с внутриводоемными потоками в донные отложения поступают биогенные элементы,  $R_{орг}$ , часть основных компонентов – катионов и группа микроэлементов. Установлено, что во всех резервуарах оз. Байкал, кроме Селенгинского, процент утилизации (захоронения) поступающего вещества очень низок вследствие того, что вещество, поступившее с потоком в донные отложения, за отсутствием малой части возвращается с потоком из донных отложений. В четырех резервуарах озера утилизация вещества ничтожна (около 10 %), при этом существуют мощные химические круговороты компонентов. В Селенгинском резервуаре захоранивается 85 % вещества, поступившего с потоком в донные отложения.

Оценка геохимической устойчивости, состоящая в определении подвижности компонентов, поступающих в резервуары и уходящих из них, оценке степени участия компонентов в химических круговоротах внутри резервуаров и установлении места накопления компонентов – в водах или донных отложениях, показала, что в Южном, Среднем, Ушканьеостровском и Северном резервуарах поступающие с потоками компоненты относятся к четырем группам экологической опасности, а в Селенгинском – ко второй, третьей и четвертой группам. Селенгинский резервуар отличается от других резервуаров озера типами и пунктами миграции компонентов. Каждый резервуар оз. Байкал индивидуален по набору компонентов в классах экологической опасности.

По всем системам пяти резервуаров оз. Байкал и потокам (внешняя и внутренняя нагрузки), поступающим в резервуары, созданы базы данных мерных количественных характеристик, позволяющие оперировать массами веществ, вступающих во взаимодействие в природной обстановке. Получен термодинамический параметр состояния отдельных систем оз. Байкал и впадающих в резервуары и вытекающих из них потоков – количества независимых компонентов в системах и потоках.

Создана основа для разработки нормативов допустимых воздействий на экосистемы оз. Байкал. Компоненты, поступающие в резервуары оз. Байкал с антропогенной нагрузкой, сгруппированы по классам экологической опасности. В “перечень особо опасных веществ” для резервуаров оз. Байкал необходимо включить вещества, изменяющие интенсивность внутренней нагрузки – потока из донных отложений и потока в донные отложения (элементы первого и второго класса экологической опасности).

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОФИЛЬНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ПРОЦЕССЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

К.В. Ахмед-Оглы

Научный руководитель профессор О.Г. Савичев

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Загрязнение водных объектов является серьезной проблемой современности. Требуется как новые решения, так и оптимизация технологии очистки сточных вод. В частности, в рамках решения последней задачи целесообразно повышение эффективности биологической очистки смешанных стоков и уменьшение стоимости очистки в биопрудах с естественной аэрацией и гидрофильной растительностью, что определяет содержание рассматриваемой работы, обосновывая актуальность развития этого способа и расширения практики использования в Сибири [11 – 12].

В условиях Западной Сибири биологическая очистка при помощи пруда с торфяным субстратом и болотной растительностью является наиболее актуальной, т.к. являясь природными веществами, они не накапливаются в окружающей среде и легко утилизируются в ней. В таком биоценозе поллютанты усваиваются растениями, сорбируются торфяным субстратом и частично разлагаются [11]. В качестве такого биологического пруда выступает Обское (эвтрофное) болото. Оно находится в условиях антропогенного загрязнения и служит приемным резервуаром коммунально-бытовых сточных вод, сбрасываемых ЖКХ с. Мельниково [13].

Цель исследования – оценить эффективность снижения концентрации тяжелых металлов в сточных водах в процессе их биологической очистки с использованием гидрофильной растительности.

Влияние сброса сточных вод на растительный покров болот мало изучено. Растения поглощают элементы минерального питания, в том числе металлы, не пропорционально содержанию в субстрате, а избирательно. При этом растения накапливают в своих органах те или иные химические элементы.

Проследить влияние сточных вод на растительный покров можно на основании геоботанических критериев – растений, не характерных для болотного ландшафта, появляющихся под влиянием сброса сточных вод. В качестве геоботанических критериев могут использоваться тростник обыкновенный, осока, рогоз и др. [7].

Наиболее выгодной очисткой по простоте технологии и низкой стоимости является биологический метод очистки при помощи гидрофильной растительности, которая хорошо себя показала при очистке коммунально-бытовых сточных вод.

Установлено, эффективность очистки сточных вод зависит от видового состава водоема: чем шире видовой состав, тем эффективнее происходят процессы очищения. Отмечается, что наиболее результативным является совместное присутствие в водоеме различных полупогруженных или «земноводных» растений, в частности тростника и рогоза.

Согласно [5], рогоз обладает высокой аккумулярующей способностью по отношению к тяжелым металлам. Содержание тяжелых металлов в корнях рогоза, росшего на берегах шламонакопителей электростанций, составляла (мг/кг): меди – 3,4, марганца – 159,5, железа – 199,1, цинка – 16,6.

В результате проведенных исследований способности высшей водной растительности удалять азот и снижать БПК, установлено, что после очистки с помощью камыша, тростника и рогоза при средней концентрации аммония 24,7 мг/л в сточных водах его концентрация составляла (мг/л): для камыша – 1,4, для тростника – 5,3, для рогоза – 17,7. Очистительная способность камыша была также эффективна в экспериментах с БПК, ниже у тростника и рогоза. Помимо этого, установлена зависимость накопления растениями биогенных элементов от видовых особенностей растений, температуры и кислородного режима густоты биомассы, pH воды. Замечено, что чем больше концентрация в среде, тем интенсивнее происходит процесс их накопления. Интенсивность накопления увеличивается и под действием света [2, 8, 9, 14].

Химический состав растений зависит от элементного состава почвы. Поэтому избыточная аккумуляция тяжелых металлов растениями связана с их высоким содержанием в почвах или воде. В своей жизнедеятельности растения взаимодействуют только с доступными формами тяжелых металлов, количественное содержание которых, в свою очередь, тесно связано с буферностью.

Механизмы устойчивости растений к тяжелым металлам могут проявляться по-разному: некоторые растения способны проявлять толерантность к высоким концентрациям тяжелых металлов; другие используют свои барьерные функции. Наибольшее количество тяжелых металлов в растениях задерживается в корнях. Корни выступают первым барьерным уровнем на пути тяжелых металлов; следом идут – стебли и листья; последним барьером являются органы и части растений.

Наиболее распространенными в природе тяжелыми металлами являются свинец, медь, цинк, хром, никель, молибден, кадмий, олово, кобальт. Остальные тяжелые металлы практически не имеют концентрации опасные для организмов.

В исследуемых сточных водах из этого перечня встречаются: свинец, кадмий, цинк, медь.

По степени токсичности элементы разделяют на вещества II класса опасности (высокоопасные) – Pb и Cd, вещества III класса (умеренно опасные) – Zn, Cu.

Тяжелые металлы были выбраны в качестве объектов, т.к. они практически не утилизируются в ходе механической, физико-химической и биологической очистки в отличие от нефтепродуктов и соединений азота.

В данной работе рассмотрена эффективность очистки сточных вод при помощи гидрофильной растительности от загрязнения вод высокоопасным токсическим элементом – Pb.

Методика исследования

Методика работы заключалась в постановке опытов по трансформации химического состава сточных вод в резервуарах с образцами гидрофильных растений и анализе полученных результатов.

В качестве объекта исследования выбрано оз. Песчаное, расположенное в Томском районе в 5 км на юго-запад от города Томска.

Сточные воды отобраны на одном из выпусков ООО «Водоканал», т.к. они содержат весь перечень загрязняющих веществ, характерных для Западной Сибири.

Отбор растительности и сточных вод проводился одновременно: 24 июля 2013 г.

Растения рогоз широколистный (*Typhalatifolia*L.) и тростник обыкновенный (*Phragmitesaustralis*L.) были выбраны в качестве тестируемых объектов т.к. они имеют широкое распространение, имеют широкий диапазон экологической толерантности и доминируют среди других видов гидрофильных растений, а также они имеют большую площадь поверхности для поглощения.

Образцы водных растений отбирались в нескольких пунктах водоема. Вес пробы водных растений 50 г. Отбору проб подлежали нормальные по внешнему виду образцы продукции [10]. Образцы растительности (рогоз и тростник) вместе с корневой системой были помещены в полиэтиленовые емкости объемом 5 л, установленные на солнечной стороне с постоянным освещением во время всего светового дня в открытом помещении с температурой воздуха от 15°C в ночное время и до 30°C в дневное. В емкости были добавлены сточные воды объемом 0,5 и 1 л. Измерение концентрации тяжелых металлов проводилось через 5, 15, 25 суток.

Содержание указанного элемента определялось методом инверсионной вольтамперометрии (ИВА) в аккредитованной гидрогеохимической лаборатории Томского политехнического университета.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ полученных данных показал, что накопление макрофитами тяжелых металлов происходит неоднозначно. Поглощение тяжелых металлов растительностью происходит главным образом корневой системой, а также за счет поверхности соприкосновения растений с водой [4]. Они поглощают элементы выборочно. Накопление и распределение тяжелых металлов в растениях зависит от их вида, биодоступности, pH, растворенного кислорода, температуры и секреции корней [1].

Эффективность биологической очистки сточных вод гидрофильной растительностью представлена в таблице.

Таблица

*Очистка сточных вод от свинца с помощью гидрофильной растительности*

Растение	Объем пробы, мл	Время, дни	Концентрация, мг/л
Рогоз	500	0	0,0059
		5	0,0058
		15	0,00076
		25	0,0011
	1000	0	0,0059
		5	0,012
		15	0,0038
		25	0,0016
Тростник	500	0	0,0059
		5	0,0018
		15	0,0014
		25	0,0022
	1000	0	0,0059
		5	0,0052
		15	0,0024
		25	0,0026

Свинец, встречающийся в окружающей среде, является результатом деятельности человека, в большинстве случаев. Применение свинца в бензине приводит к тому, что он попадает в атмосферный воздух через выхлоп автомобилей, но часть его возвращается во время дождя. Из воздуха свинец попадает на растения непосредственно через осадки или косвенно, посредством внедрения из почвы.

Максимальное накопление свинца обнаружено в корнях. Листья также способны содержать свинец. Поры в листьях растений пропускают углекислый газ, необходимый для фотосинтеза, и выделяют кислород. Чрезмерное загрязнение свинцом покрывает поверхность листа и уменьшает количество света, достигающего его. Это приводит к остановке роста или гибели растений, уменьшая темп фотосинтеза, затрудняя дыхание, поощряя удлинение растительных клеток, влияющих на развитие корня, вызывая преждевременное старение [3].

В результате очистки сточных вод рогозом, при объеме 500 мл концентрация снизилась в 5 раз, при объеме 1000 мл – в 3,5 раза. При очистке с помощью тростника концентрация свинца снижается в 2,5 раза в обоих случаях. Во всех пробах на 15 день эксперимента, кроме рогоза при объеме 1000 мл, наблюдается максимальная степень очистки, после чего концентрации незначительно увеличиваются. Это говорит о том, что наивысшая поглотительная способность растениями свинца приходится на 15 день, после чего она уменьшается.

**Заключение**

В данной работе изложены современные научные взгляды и данные о роли высших водных растений в очистке сточных вод от тяжелых металлов. Освящены научные и практические основы очистки смешанных сточных вод с помощью гидрофильных растений.

Анализ проведенного опыта показал, что наибольшим эффектом очистки сточных вод в условиях Западной Сибири обладает рогоз, менее эффективным является тростник. Рогоз обладает большей способностью для поглощения тяжелых металлов. Он способен выдерживать достаточно высокие концентрации металлов без серьезного физиологического повреждения. Наибольшее содержание тяжелых металлов наблюдалось в корнях, меньше всего – в листьях [6]. Наилучший эффект очистки обнаружен при объеме сточных вод 1 л. Это объясняется большим объемом сточных вод и как следствие большей площадью соприкосновения растения со стоками, что и приводит к интенсивному процессу поглощения.

**Литература**

1. Cheng S. Heavy metals in plants and phytoremediation // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2003. – № 10 (5). – P. 335 – 340.
2. Gersberg R.M., Elkins B.V., Lyon S.R., Goldman C.R. Role of Aquatic Plants in Wastewater Treatment by Artificial Wetlands // *Water Resources*. – 1986. – Vol. 20. – № 3. – P. 363 – 368.
3. Greene D. Effects of lead on the environment // *Lead Action News*. – 1993. – Vol. 1. – № 2.
4. Kibria M.G., Islam M, Alamgir M. Influence of waste water irrigation on heavy metal Accumulation in soil & plant // *International Journal of Applied and Natural Sciences*. – 2012. – Vol.1. – P. 43 – 54.
5. SamkaramUnni K., Philip S. Heavy metal uptake and accumulation by *Thyphaangustifolia* from wetlands around thermal power station // *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*. – 1990. – Vol. 16. – N 2/3. – P. 133 – 144.
6. Sasmaz A., Obek E., Hasar H. The accumulation of heavy metals in *Typhalatifolia*L. Grown In a stream carrying secondary effluent // *Ecological engineering*. – 2008. – № 33. – P. 278 – 284.
7. Вода России. Социально-экологические водные проблемы / Под науч. ред. А. М. Черняева; ФГУП РосНИИВХ. – Екатеринбург: Издательство «АКВА-ПРЕСС», 2000. – 364 с.
8. Дикиева Д.М., Петрова И.А. Химический состав макрофитов и факторы, определяющие концентрацию минеральных веществ в высших водных растениях // *Гидробиологические процессы в водоемах / Под ред. И. М. Распопова*. – Л.: Наука, 1983. – С. 107 – 213.

9. Дмитриева Н.Г., Эйнон Л.О. Роль макрофитов в превращении фосфора в воде // Водные ресурсы. – 1985. – № 5. – С. 101 – 110.
10. Порядок отбора проб для выявления и идентификации наноматериалов в растениях. Методические указания – М.: Федеральный Центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. – 50 с.
11. Савичев О.Г. Биологическая очистка сточных вод с использованием болотных биогеоценозов // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 312. – № 1. – С. 69 – 74.
12. Савичев О.Г., Базанов В.А., Ломакина Н. Ю. Анализ эффективности очистки коммунально-бытовых сточных вод в томской области // Вестник науки Сибири. – 2012. – № 1 (2). – С. 17 – 24.
13. Савичев О.Г., Гусева Н.В., Куприянов Е.А. и др. Химический состав вод обского болота (Западная Сибирь) и его пространственные изменения под влиянием сбросов загрязняющих веществ // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 323. – № 1. – С. 168 – 172.
14. Смирнова Н.Н. Эколого-физиологические особенности корневой системы прибрежноводной растительности // Гидробиологический журнал. – 1980. – Т. 26. – № 3. – С. 60 – 69.

### ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РЕКИ УШАЙКА В ПРЕДЕЛАХ ГОРОДА ТОМСКА В ОСЕННИЙ ПЕРИОД 2013 ГОДА

Ю.С. Березикова

Научный руководитель профессор О.Г. Савичев

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Исторически сложилось так, что г. Томск является старейшим в Сибири крупным образовательным, научным и инновационным центром, одним из мест, где сосредоточены различные отрасли промышленности (пищевая, фармацевтическая, машиностроительная и другие), отсюда и существенное последствие – ухудшение состояния окружающей среды. Одними из первых испытывают на себе это влияние промышленного потенциала водные ресурсы города.

Экологическое состояние водных объектов оценивается по различным показателям, направленных на изучение химического, гидрохимического, микробиологического загрязнения не только воды, но и донных отложений. Донные отложения – важный компонент водных экосистем. Они играют важную роль в формировании химического состава естественных вод, оказывают содействие самоочищению водной среды. Именно они служат надежным индикатором техногенного загрязнения, так как основная часть загрязняющих веществ в экосистемах из воды переходит в донные отложения, в результате чего они часто содержат высокие концентрации загрязняющих веществ.

Томск расположен на правом берегу реки Томь, одним из основных притоков которой является река Ушайка. Она берет свое начало в северных отрогах Кузнецкого Алатау, в районе остановочной площадки 41 км Томской ветви Транссиба, между деревнями Басандайка и Меженюновка. Длина реки 78 км, из них в пределах г. Томска – 22 км. Площадь водосбора – 744 км<sup>2</sup> [5].

Водосборный бассейн реки Ушайки почти полностью расположены в пределах Томского административного района (Томская область) и лишь участок нижнего течения – в границах г. Томска. Тем не менее, сильнейшее влияние индустриального комплекса г. Томска прослеживается как непосредственно (сбросы сточных вод и загрязняющих веществ, водозабор, изменение русла рек), так и косвенно (поступление загрязняющих веществ из атмосферного воздуха, изменение растительного покрова, гидрогеологических и других условий в водосборном бассейне) на всех стадиях формирования эколого-геохимического состояния речных вод Ушайки.

Расположение реки Ушайка в пределах Томска таково, что участок водосборного бассейна находится в центральной части города. Непосредственно на территории этого участка расположены многочисленные жилые здания и такой крупный промышленный объект, как ГРЭС-2, железнодорожная станция, а также ряд менее значительных объектов. Кроме того, в р. Ушайку поступают сточные воды ливневой канализации [1].

Целью работы является исследование химического состава донных отложений реки Ушайки в пределах города Томска в осенний период 2013 года.

Для выполнения работы был произведен отбор проб донных отложений в черте города Томска в 4 пунктах: №1 микрорайон Степановка (пер. Богдана Хмельницкого), №2 ул. Балтийская, №3 ул. Лермонтова, №4 ул. Набережная реки Ушайки (рис.). Пробы отбирались в меженный период 10 октября 2013 года при температуре воздуха +3°C в интервал времени 14:40 – 15:40 ч. В дальнейшем пробы были переданы для проведения анализа в аккредитованную гидрохимическую лабораторию НОЦ «Вода» Томского политехнического университета, где методом атомно-эмиссионной спектроскопии с ИСП в пробах донных отложений было определено содержание 31 элемента.