

УДК 504.453+574.24

Бак. П. С. Елгин, Н. Н. Стягов  
Рук. Ю. А. Горбатенко  
УГЛТУ, Екатеринбург

## ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РЕКИ ИСЕТЬ ИОНАМИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ИЗУЧЕНИЕ ИХ ТОКСИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ЭКОСИСТЕМЫ ВОДОЕМА

Среди многих экологических проблем особое место занимает загрязнение водных ресурсов. В настоящее время загрязнение рек отходами производства носит катастрофический характер, что обусловлено повышенным социально-экономическим развитием в пределах бассейна реки и часто низкой эффективностью работы очистных сооружений, в результате чего в русла рек сбрасывается большое количество недостаточно очищенных либо вообще неочищенных стоков. Особенно явно данная проблема прослеживается в крупных промышленных городах. К примеру, главная река города Екатеринбурга – река Исеть, крупный приток р. Тобола – подвержена сбросам многочисленных промышленных предприятий и характеризуется 4–5 классом опасности [1]. Например, только за 2019 г. в реку Исеть было сброшено порядка 520,02 млн м<sup>3</sup> недостаточно очищенных сточных вод и 46,49 млн м<sup>3</sup> без очистки. Следует отметить, что основное количество сбрасываемых в реку Исеть стоков содержит примеси тяжёлых металлов (табл. 1).

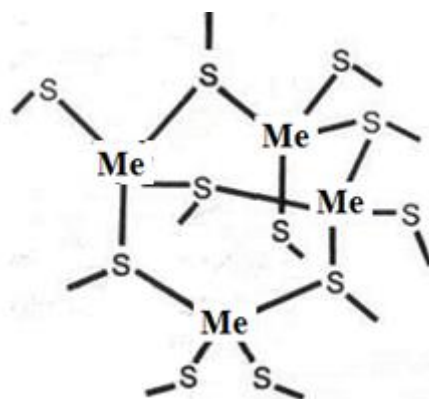
*Таблица 1*

Среднегодовые концентрации ионов металлов в реке Исети  
с 2010 по 2019 гг. [1]

Загрязняющий ион	Год наблюдения									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Cu <sup>2+</sup>	7 ПДК	6 ПДК	8 ПДК	8 ПДК	6 ПДК	5 ПДК	10 ПДК	5 ПДК	10 ПДК	8 ПДК
мг/дм <sup>3</sup>	0,007	0,006	0,008	0,008	0,006	0,004	0,01	0,005	0,01	0,008
Fe <sup>2+</sup>	3,9 ПДК	2,7 ПДК	2 ПДК	3 ПДК	4,5 ПДК	5 ПДК	6,5 ПДК	3 ПДК	4,5 ПДК	3 ПДК
мг/дм <sup>3</sup>	0,39	0,27	0,2	0,3	0,45	0,5	0,65	0,3	0,45	0,3
Zn <sup>2+</sup>	2,4 ПДК	2,4 ПДК	2,5 ПДК	2 ПДК	2 ПДК	3 ПДК	2 ПДК	3,5 ПДК	4 ПДК	3 ПДК
мг/дм <sup>3</sup>	0,024	0,024	0,025	0,02	0,02	0,03	0,02	0,035	0,04	0,03

Среднегодовые концентрации тяжелых металлов в поверхностных водах р. Исети в разы превышают допустимые санитарно-гигиенические нормативы, установленные для водоемов рыбохозяйственного назначения. Основными загрязняющими ионами являются ионы меди: по данным гидрохимических наблюдений, среднегодовые концентрации иона меди в реке Исети варьируются от 5 до 10ПДК, максимальное превышение в 10ПДК зафиксировано в 2016 и 2018 гг. Соединения железа в 2016 г. превышали рыбохозяйственный норматив более чем в 6 раз. Максимальное содержание ионов цинка отмечено в 2018 г. и составило 4ПДК.

Экологическая опасность загрязнения водных объектов ионами тяжелых металлов обусловлена высокой токсичностью данных компонентов. Тяжелые металлы являются протоплазматическими ядами, обладающими канцерогенным и мутагенным воздействием на живые организмы. Основное токсическое действия ионов металлов связано с ингибированием ферментов организма. Поскольку в состав всех ферментов входят различные *S*-, *N*-, *OH*-, *CO*<sub>3</sub>- и *P*-функциональные группы, металлы, поступающие в организм связывают эти группы в комплексные соединения (рисунок), что приводит к деполимеризации биомолекул и их инактивации и, как следствие, потере ферментом своих первоначальных функций.



Структура металлотиионеина, установленная с помощью ЯМР [2]:  
Me – ион металла; S – функциональная группа

Токсическое действие тяжелых металлов на биологические ресурсы водной экосистемы изучено косвенным методом, а именно путем исследования влияния различных концентраций ионов тяжелых металлов на коагуляцию животного белка.

Характер коагуляции животного белка к действию тяжелых металлов различной концентрации изучался визуальным методом путем последовательного добавления к 1 мл предварительно отфильтрованного рабочего раствора белка (соотношение белок : дистиллированная вода – 1:10) 1 мл исследуемой соли различной концентрации и 1 мл этилового спирта. Экспериментальные данные представлены в табл. 2.

Изучение коагулирующего действия ионов металлов различной концентрации на устойчивость животного белка

№ колбы	Концентрация исследуемого раствора, мг/дм <sup>3</sup>	Выводы о коагулирующих свойствах животного белка*		
		CuSO <sub>4</sub>	FeSO <sub>4</sub>	ZnSO <sub>4</sub>
1	0,003	О	О	О
2	0,006	О	О	О
3	0,009	О	О	О
4	0,03	П	О	О
5	0,06	П	О	О
6	0,09	У	О	П
7	0,3	Х	О	Х
8	0,6	ОХ	П	Х
9	1,2	ОХ	Х	ОХ

Условные обозначения коагулирующих свойств: ОХ – очень хорошая; Х – хорошая, У – удовлетворительная; П – плохая; О – отсутствует.

Из данной таблицы видно, что животный белок более чувствителен к ионам меди. Коагуляция белка в присутствии данного металла начинается при концентрации 0,03 мг/дм<sup>3</sup>, а с увеличением концентрации в 10 раз (С = 0,3 мг/дм<sup>3</sup>) отмечена полная денатурация белка.

Связывание белка в комплексные соединения ионами цинка и железа наблюдается при концентрациях 0,09 и 0,6 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. Аналогично ионам меди ионы железа и цинка образуют устойчивые характерные комплексы при концентрациях 1,2 мг/дм<sup>3</sup> и выше.

Таким образом, с учетом полученных экспериментальных данных и данных гидрохимических наблюдений за экологическим состоянием реки Исети можно отметить, что концентрация ионов железа в реке близка к критической и уже сегодня пагубно влияет на экосистему реки. Дальнейшее увеличение концентрации ионов металлов в водной экосистеме может привести к необратимым экологическим последствиям. «Точка невозврата» наступит, если концентрация ионов металлов в реке Исети по сравнению с таковой при существующем положении увеличится в 2–3 раза.

*Библиографический список*

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Свердловской области (с 2010 по 2019 г.): официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Свердловской области. – Екатеринбург, 2010–2019. – URL.: <http://https://mprso.midural.ru/article/show/id/1126> (дата обращения: 19.09.2020).

2. Плетеневой Т. В. Токсикологическая химия: учебник для вузов. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2005. – 512 с.

УДК 691-175

Бак. В. А. Незнанов, Д. В. Татарина  
Рук. А. Е. Шкуро  
УГЛТУ, Екатеринбург

## **ПОКАЗАТЕЛЬ ТЕКУЧЕСТИ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПВХ**

Поливинилхлорид – синтетический термопластичный полярный полимер. Продукт полимеризации винилхлорида. Твердое вещество белого цвета. Выпускается в виде капиллярно-пористого порошка с размером частиц 100–200 мкм, получаемого полимеризацией винилхлорида в массе, суспензии или эмульсии. Порошок сыпуч и хорошо перерабатывается [1].

Впервые случайно получен французским химиком Анри Виктором Реньо в 1835 г., затем в 1872 г. исследован немецким химиком Ойгеном Бауманом. Широкое применение получил после 1926 г., когда американский химик Уалдо Лонсбери Семон изобрёл способ улучшения эластичности полимера [2].

Поливинилхлорид стал одним из самых широко используемых пластиков в мире (находится в тройке по популярности вместе с полиэтиленом и полипропиленом). Применяется в строительстве (строительные профили: окна, двери, водостоки, отделочные материалы, трубы для водопровода и канализации незаменимы при наружных работах), медицине (замещение стеклянных и резиновых материалов), в автомобильной отрасли и т. д.

В настоящей работе было проведено исследование пластификации поливинилхлорида диметилфталатом, дибутилфталатом, диоктилтерефталатом, трибутилфосфатом, трихлорэтилфосфатом и трикрезилфосфатом. Оценка эффективности пластификации ПВХ делалась на основе данных об изменении показателя текучести расплава (ПТР) при увеличении содержания пластификатора. В задачи исследования входили подготовка рецептур композитов на основе поливинилхлорида, с различным содержанием пластификаторов и лубриканта (полиэтиленовый воск) методом механохимической активации, а также оценка текучести полученных смесей по показателю ПТР.

В качестве основного сырья был использован суспензионный поливинилхлорид марки СИ-67 (ТУ 2212-012-46696320-2008). Свойства ПВХ приведены в таблице. В качестве пластификаторов в работе использовались диметилфталат (CAS 131-11-3), дибутилфталат (ГОСТ-8728-88), диоктилтерефталат (ТУ 2493-003-641238436-2013), трибутилфосфат (ТУ 20.14.53-221-44493179-2017), трихлорэтилфосфат (CAS 115-96-8) и трикрезилфосфат (ГОСТ 5728-76).