

**Шалунц Лиана Валерьевна**

соискатель, инженер по охране

окружающей среды, эколог

Центр охраны окружающей среды

Восточно-Сибирской железной дороги –

филиал ОАО «РЖД»

г. Иркутск, Иркутская область

Научный руководитель

**Асламова Вера Сергеевна**

д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный

университет путей сообщения»

г. Иркутск, Иркутская область

DOI 10.21661/r-530431

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ МЕДИ НИКЕЛЯ И ЦИНКА ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ РЕАЛЬНЫХ СТОЧНЫХ ВОД МОДИФИЦИРОВАННЫМ ЦЕОЛИТОМ**

*Аннотация:* в статье приведены результаты мониторинга реальных производственных сточных вод, а также экспериментальные данные закономерностей извлечения ионов меди, никеля и цинка при использовании различных адсорбционных материалов. В работе предложена усовершенствованная схема доочистки промышленных стоков от ионов тяжелых металлов модифицированным полимером серы, полученным из отходов производства эпихлоргидрина.

*Ключевые слова:* медь, никель, цинк, модифицированный цеолит, производственные сточные воды, сравнительная сорбция, схема сорбционной доочистки.

Производственные сточные воды объектов железнодорожного транспорта содержат ионы таких тяжелых металлов, как цинк, медь, никель. На многих

объектах Восточно-Сибирской железной дороги физический и моральный износ очистного оборудования привел к росту сброса тяжелых металлов в системы городской канализации и, как следствие, в речные бассейны. Кроме того, существующие очистные сооружения не запрограммированы очищать стоки от ионов тяжелых металлов и существует острая необходимость совершенствования очистных сооружений. В данной работе рассматривались реальные производственные сточные воды объектов железнодорожного транспорта [3].

Известно, что адсорбционные методы очистки являются наиболее эффективными для извлечения ионов тяжелых металлов (98–99,5%), позволяющие снизить остаточное их содержание до требований нормативов [3]. В качестве адсорбентов используют различные органические и неорганические природные и искусственные материалы (цеолиты, глины, ионообменные смолы и т. п.), в том числе полимерной структуры [1]. Для увеличения пористости сорбентов, их сорбционной емкости выполняют химическую модификацию их поверхности. Так, в качестве модификаторов поверхности природного цеолита Холинского месторождения, предназначенного для извлечения ионов никеля и цинка, использованы гексаметилдисилазан и тетраэтоксисилан [4]. Результаты лабораторно-промышленных испытаний показали, что большую эффективность очистки от тяжелых металлов обеспечивают серосодержащие сорбенты, с участием которых проистекает связывание ионов металлов по комплексно-координационному механизму.

Разработан новый эффективный сорбент за счет модификации природного цеолита клиноптилолитового типа Холинского месторождения путем генерации полисульфид-анионов (в частности, анионов  $S_2^{2-}$ ) на его поверхности при растворении серы в системе гидразингидрат – моноэтаноламин [2; 5]. Тяжелые металлы образуют с серой сульфиды, практически не растворимые в воде, что влечет за собой повышение степени извлечения ионов тяжелых металлов до 99–100%.

На рисунке 1 и 2 представлены результаты мониторинга качества реальных производственных стоков Локомотивного депо «Иркутское» ст. Иркутск-

Сортировочный, содержащих соединения меди и цинка на выходе из очистных сооружений в концентрациях, превышающих уровень ПДК. Осуществлен мониторинг результатов испытаний сточных вод в период с 2016 по 2019 года. При расчете превышения допустимого уровня ПДК взят во внимание установленный норматив концентрации для сброса сточных вод в городскую канализацию.

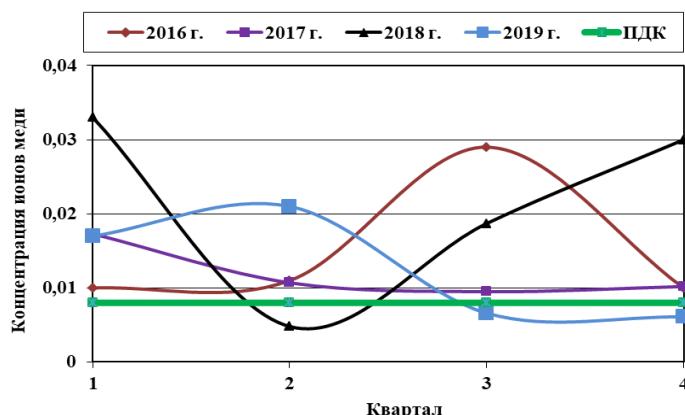


Рис. 1. Концентрация ионов Cu, мг/дм<sup>3</sup> на выходе из очистных сооружений депо

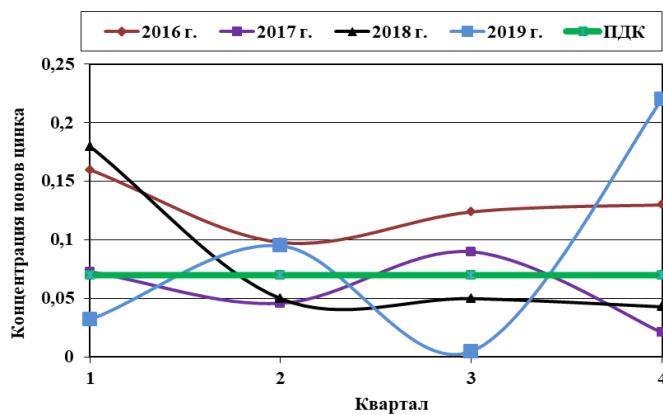


Рис. 2. Концентрация ионов Zn, мг/дм<sup>3</sup> на выходе и очистных сооружений депо  
Превышение концентраций ионов тяжелых металлов в сточных водах, подлежащих сбросу в канализацию, наблюдается и на других железнодорожных предприятиях.

На рис. 3 представлена сравнительная сорбция ионов тяжелых металлов при использовании различных адсорбционных материалов: гранулированный активированный уголь, природный цеолит и модифицированный сорбент. Эксперимент проведен при равных условиях: время сорбции 90 мин, Т = 20°C ( $C_0 = 1$  мг/л для Zn,  $C_0 = 0,06$  мг/л для Cu и  $C_0 = 10$  мкг/л для Ni). Обнаружены существенные преимущества предлагаемого модифицированного сорбента,

сорбционная емкость по Zn которого в 8 раз превышает емкость гранулированного активированного угля и более чем в 4 раза превышает сорбционную емкость природного цеолита. Сорбционная емкость по Cu в 2 раза выше, чем у природного цеолита, в 12 раз выше, чем у гранулированного активированного угля.

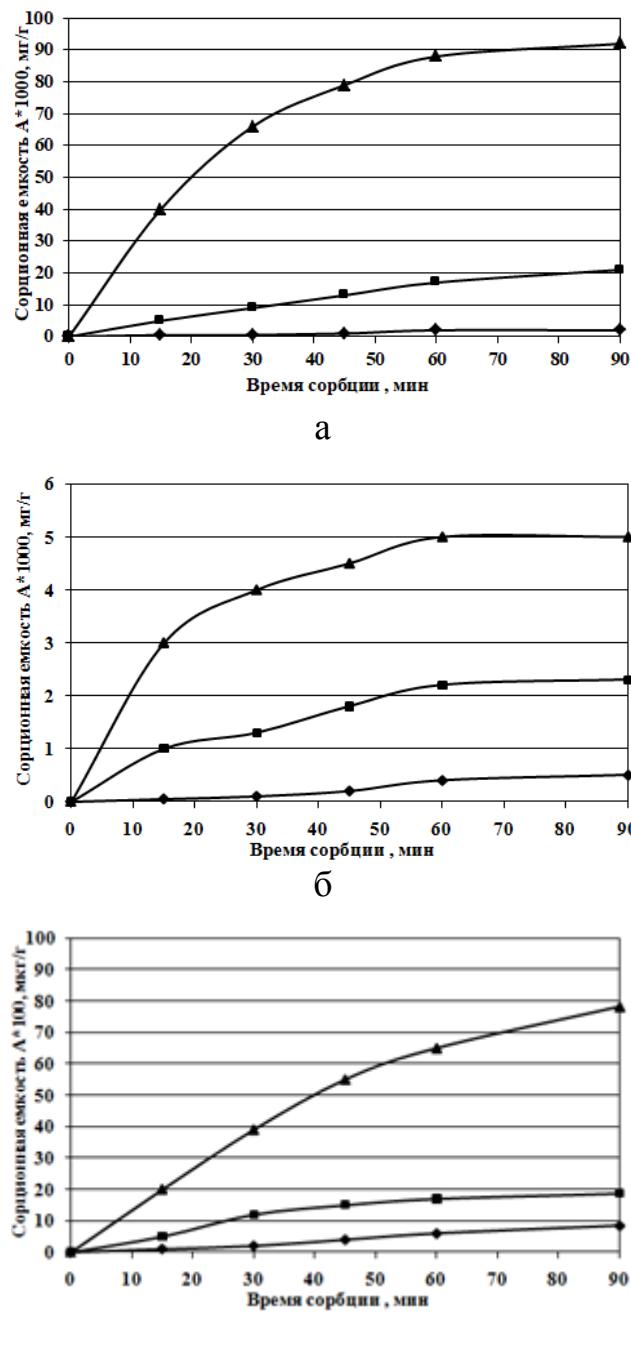


Рис. 3. Сравнительная сорбция ионов тяжелых металлов при использовании:  
гранулированный активированный уголь (♦), природный цеолит (■),  
сorbент (▲), а – Zn; б – Cu; в – Ni

Экспериментальные исследования показали, что в процессе очистки реальных сточных вод предприятий железнодорожного транспорта, для достижения максимальной их очистки, достаточен кратковременный контакт раствора с сорбентом. В качестве дополнительного узла доочистки выбран сорбционный фильтр с псевдоожиженным слоем модифицированного сорбента (рис. 4). Усовершенствованная схема доочистки сточных вод от ионов тяжелых металлов актуальна к применению для предприятий железнодорожного транспорта с аналогичным составом стоков.

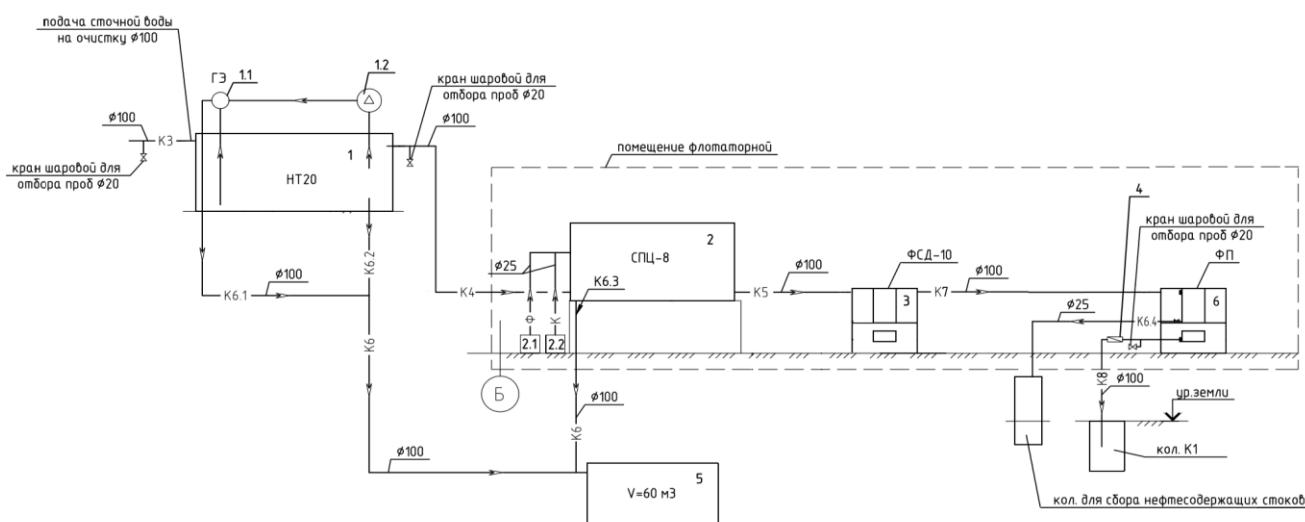


Рис. 4. Схема сорбционной доочистки промышленных стоков от ионов Cu, Ni

и Zn в сорбционном фильтре с псевдоожиженным слоем сорбента

1. НТ20 – нефтеловушка, 20 м<sup>3</sup>/ч; 1.1. ГЭ – гидроэлеватор; 1.2. УН-01 – насос, Q = 4 м<sup>3</sup>/ч, H = 0,6 Мпа, N = 5,5 кВт. 2. СПЦ-8 – флотационная установка, 28 м<sup>3</sup>/ч; 2.1. ХЕМА-1500 – станция приготовления раствора флокулянта, 2.2. Бак для коагулянта, 500 л, с дозаторным насосом Grundfos (2 шт.).
3. ФСД-10 – фильтр доочистки стоков, 10 м<sup>3</sup>/ч. 4. ДНЕПР-7 – счётчик расхода.
5. Емкость для сбора шлама, V=60 м<sup>3</sup>. 6. ФП – фильтр с псевдоожиженным слоем, 10 м<sup>3</sup>/ч.

Выполнено экспериментальное испытание сорбента на реальных промышленных стоках локомотивного депо, со степенью очистки от ионов тяжелых металлов до 97%, сорбент рекомендован для дальнейшего практического применения. Предложена усовершенствованная схема доочистки промышленных

стоков Локомотивного депо «Иркутское» от ионов Cu, Ni и Zn до соответствия установленным нормативным требованиям в сорбционном фильтре с псевдоожиженным слоем нового сорбента. При внедрении предложенной схемы экономический эффект составит 5,343 млн. руб/год.

### ***Список литературы***

1. Лейкин Ю.А. Физико-химические основы синтеза полимерных сорбентов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 413 с.
2. Обуздина М.В. Перспективные направления решения экологических проблем на объектах железнодорожного транспорта / М.В. Обуздина, Е.А. Руш, Н.А. Корчевин [и др.] // Вестник технологического университета. – 2017. – Т. 20.– №7. – С. 149–155.
3. Обуздина М.В. Решение экологических проблем очистки сточных вод путем создания сорбента на основе цеолита / М.В. Обуздина, Е.А. Руш, Л.В. Шалунц // Экология и промышленность России. – 2017. – Т. 21. – №8. – С. 20–25.
4. Макаров А.В., Халиуллин А.К., Руш Е.А. [и др.] Способ очистки сточных вод от тяжелых металлов методом адсорбции. Фильтрующий материал (сорбент) и способ получения сорбента / Патент №2524111 RU, 27.07.2014, Бюл. №21.
5. Обуздина М.В., Руш Е.А., Днепровская А.В. [и др.] Способ получения сорбента для извлечения соединений тяжелых металлов из сточных вод / Патент №2624319 РФ, 03.07.2017, Бюл. №19.