

# ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ ЦЕОЛИТОВ, ОБРАЗОВАВШИХСЯ ПОСЛЕ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

**А.К. Адрышев, М.К. Карибаева**

Восточно-Казахстанский государственный  
технический университет им. Д. Серикбаева  
ул. Протозанова, 69, Усть-Каменогорск,

*Восточно-Казахстанская область, Республика Казахстан, 070004*

В данной статье представлены результаты исследований по утилизации отработанных цеолитов после очистки питьевой воды. Экспериментально подтверждена возможность применения отработанного цеолита в качестве заполнителя в строительный раствор.

**Ключевые слова:** отработанный цеолит, очистка воды, утилизация, строительный раствор.

Высокий уровень загрязнения поверхностных и подземных вод в зоне действия крупных металлургических предприятий, тепловых электростанций, предприятий автотранспорта, производства строительных материалов, пищевой промышленности и т.д. требует разработки новых эффективных способов очистки промышленных сточных вод, бытовых стоков и вод хозяйственно-питьевого назначения с использованием дешевых природных материалов.

В последнее время для очистки воды все большее применение находят природные сорбенты естественного происхождения, такие как цеолиты, которые обладают достаточно высокой сорбционной емкостью, катионообменными свойствами, сравнительно низкой стоимостью и доступностью, особенно в тех случаях, когда месторождения приближены к промышленным предприятиям, на которых могут использоваться данные сорбенты.

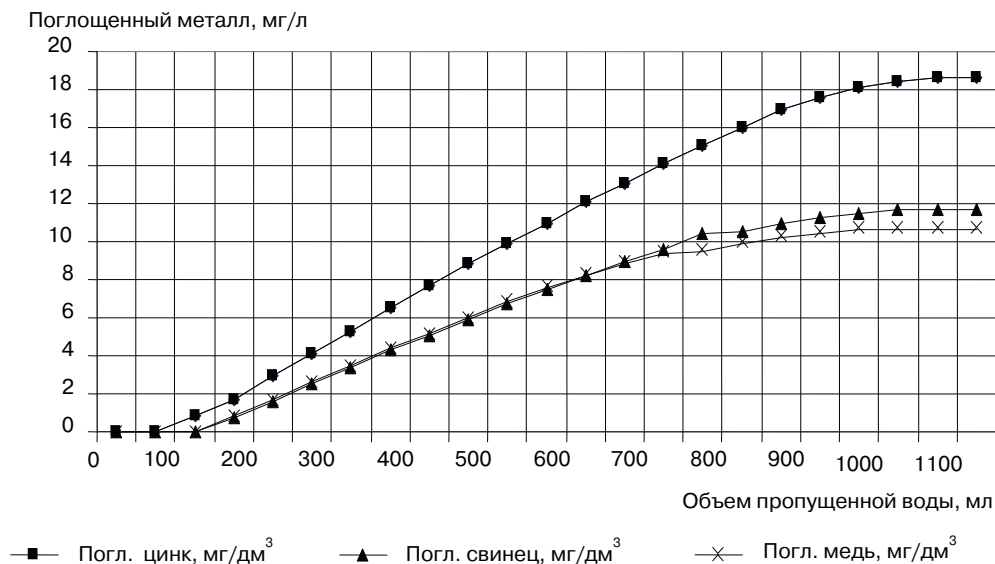
В Казахстане в настоящее время известно несколько месторождений цеолитов. Природные цеолиты — группа минералов, представляющих собой водные алюмосиликаты щелочных и щелочноземельных металлов, имеющих каркасную структуру.

Известно более 30 видов природных цеолитов, но лишь часть из них образует крупные месторождения (80% концентратов), удобные для промышленной разработки [3; 6].

Исследования по использованию природных сорбентов Казахских месторождений для очистки различных вод проводятся в Восточно-Казахстанском государственном техническом университете в течение нескольких лет. Показа-

на принципиальная возможность удаления из воды таких примесей, как ионы металлов, фтора, солей кальция и магния.

В лабораторных и укрупненных лабораторных масштабах проведены исследования по очистке подземной воды от ионов тяжелых цветных металлов и солей жесткости цеолитами Чанканайского и Тайжугенского месторождений. На рисунке представлены результаты исследований по очистке подземной воды от ионов тяжелых металлов в динамическом режиме. Воду пропускали со скоростью 50 мл/мин. через колонку, заполненную цеолитом.



**Рис.** Поглощенная концентрация ионов цинка, свинца, меди при обработке воды цеолитом в динамических условиях

Представленные данные свидетельствуют о том, что в динамическом режиме степень очистки достигает необходимых значений и поэтому рекомендуется очистка воды от ионов тяжелых металлов цеолитами месторождений Казахстана [4; 1].

В результате очистки питьевой воды образуется значительное количество отработанного материала, поэтому возникла необходимость проведения исследований по утилизации отработанного цеолита.

В проведенных исследованиях в процессе очистки загрязненных вод использовались цеолиты следующего зернового состава (табл. 1).

Таблица 1

**Гранулометрический состав цеолита**

| Чанканайский цеолит неактивированный |      |      |      |       |      |       |
|--------------------------------------|------|------|------|-------|------|-------|
| Фракции, мм                          | 2,5  | 1,25 | 0,63 | 0,315 | 0,14 | <0,14 |
| Полный остаток, %                    | 14,4 | 63,1 | 91,3 | 94,9  | 98   | 100   |
| Чанканайский цеолит активированный   |      |      |      |       |      |       |
| Фракции, мм                          | 2,5  | 1,25 | 0,63 | 0,315 | 0,14 | <0,14 |
| Полный остаток, %                    | 21,2 | 66,2 | 96,9 | 98,8  | 99,4 | 100   |

В качестве примера для сравнения приведен гранулометрический состав песка Комбината нерудных материалов города Усть-Каменогорска (табл. 2).

**Гранулометрический состав песка**

Таблица 2

| ПЕСОК             |      |      |      |       |      |        |
|-------------------|------|------|------|-------|------|--------|
| Фракции, мм       | 2,5  | 1,25 | 0,63 | 0,315 | 0,14 | < 0,14 |
| Полный остаток, % | 17,5 | 26,9 | 45,6 | 78,1  | 98,7 | 100    |

Как показали результаты испытаний, гранулометрический состав цеолитов соответствует гранулометрическому составу строительного песка, используемого для строительных растворов и бетонов. Поэтому по гранулометрическому показателю в качестве заполнителя можно использовать цеолитсодержащие отходы после очистки воды.

Нами были приготовлены образцы из растворной смеси [2], которые испытывали на прочность, морозостойкость и водопоглощение. В табл. 3 представлены физико-механические характеристики строительного раствора.

**Экспериментальное определение физико-механических характеристик строительного раствора**

Таблица 3

| Материал заполнителя    | Плотность, кг/м <sup>3</sup> | Прочность при сжатии, МПа | Морозостойкость, циклы | Водопоглощение, % |
|-------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------|-------------------|
| Строительный песок      | 1 485                        | 3,43                      | 25                     | 15                |
| Активированный цеолит   | 1 635                        | 4,85                      | 25                     | 15                |
| Неактивированный цеолит | 1 343                        | 6,64                      | 25                     | 15                |

На основе лабораторных испытаний определены плотность, прочность, морозостойкость, водопоглощение строительного раствора [5]. В результате исследований экспериментально подтверждена возможность применения отработанного цеолита в качестве заполнителя в строительный раствор.

Образцы растворной смеси, приготовленные с использованием отработанных цеолитов, содержат тяжелые металлы, поэтому возникла необходимость исследования возможности вымываемости из строительных растворов тяжелых металлов.

Анализ жидких проб на содержание в них тяжелых металлов проводился с использованием масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой ICP-MS Agilent 7500сх. Полученные в лаборатории ИРГЕТАС данные по элементному составу отработанных цеолитов представлены в табл. 4.

**Выщелачивание металлов из растворной смеси**

Таблица 4

| Материал  | Элементы | Время, сут.                |                            |                            | ПДК мг/л |
|---|----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------|
|   |          | 1, мг/л · 10 <sup>-6</sup> | 3, мг/л · 10 <sup>-6</sup> | 7, мг/л · 10 <sup>-6</sup> |          |
| Отработанный Чанканайский цеолит активированный NaCl + тяжелые металлы + соли жесткости | Cu       | 3,800                      | 5,100                      | 13,00                      | 1,0      |
|   | Pb       | 51,00                      | 140,0                      | 220,0                      | 0,03     |
|   | Zn       | 51,00                      | 24,00                      | 17,00                      | 5,0      |
|   | As       | 5,600                      | 8,000                      | <4,000                     | 0,05     |
|   | Cd       | <3,700                     | <3,700                     | <3,700                     | 0,001    |
|   | Hg       | <5,000                     | <5,000                     | <5,000                     | 0,0005   |

Окончание

| Материал   | Элементы | Время, сут.                |                            |                            | ПДК<br>мг/л |
|--|----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------|
|  |          | 1, мг/л · 10 <sup>-6</sup> | 3, мг/л · 10 <sup>-6</sup> | 7, мг/л · 10 <sup>-6</sup> |             |
| Отработанный Чанканайский цеолит неактивированный + тяжелые металлы + соли жесткости | Cu       | 4,500                      | 5,700                      | 8,000                      | 1,0         |
|  | Pb       | 71,00                      | 160,0                      | 250,0                      | 0,03        |
|  | Zn       | 31,00                      | 18,00                      | 28,00                      | 5,0         |
|  | As       | 4,000                      | 4,000                      | 14,00                      | 0,05        |
|  | Cd       | <3,700                     | <3,700                     | <3,700                     | 0,001       |
|  | Hg       | <5,000                     | <5,000                     | <5,000                     | 0,0005      |
| Тайжузгенский цеолит неактивированный + тяжелые металлы + соли жесткости             | Cu       | 3,800                      | 7,000                      | 11,00                      | 1,0         |
|  | Pb       | 120,0                      | 200,0                      | 390,0                      | 0,03        |
|  | Zn       | 28,00                      | 12,00                      | 37,00                      | 5,0         |
|  | As       | <4,000                     | <4,000                     | <4,000                     | 0,05        |
|  | Cd       | <3,700                     | <3,700                     | <3,700                     | 0,001       |
|  | Hg       | <5,000                     | <5,000                     | <5,000                     | 0,0005      |
| Исходный Тайжузгенский цеолит неактивированный                                       | Cu       | 7,000                      | 7,800                      | 9,900                      | 1,0         |
|  | Pb       | 120,0                      | 240,0                      | 58,00                      | 0,03        |
|  | Zn       | 13,00                      | 4,500                      | 13,00                      | 5,0         |
|  | As       | <4,000                     | <4,000                     | <4,000                     | 0,05        |
|  | Cd       | <3,700                     | <3,700                     | <3,700                     | 0,001       |
|  | Hg       | <5,000                     | <5,000                     | <5,000                     | 0,0005      |

Как видно из таблицы, содержание токсичных металлов, таких как медь, свинец, цинк, кадмий, мышьяк и ртуть, в воде не превышает ПДК.

Таким образом, предложенный способ утилизации, в частности использование отработанного цеолита при производстве строительного раствора целесообразно с точки зрения использования отработанного цеолита вместо строительного песка.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Адрышев А.К., Струнникова Н.А., Карибаева М.К.* Извлечение ионов металлов из загрязненных подземных вод цеолитами // Вестник ВКГТУ, Усть-Каменогорск. — 2008. — № 2. — С. 102—108.
- [2] *Адрышев А.К., Струнникова Н.А., Хайрулина А.А., Карибаева М.К.* О возможности использования отработанных цеолитов в качестве строительных материалов // Материалы VII международной научно-практической конференции «Современные научные достижения». — Прага, 2010. — С. 11—14.
- [3] *Гриссбах Р.* Теория и практика ионного обмена. — М.: Изд-во иностранной литературы, 1963.
- [4] *Карибаева М.К., Адрышев А.К., Струнникова Н.А.* Сорбционная очистка подземных вод от ионов тяжелых металлов природными алюмосиликатами // Материалы VII МНК «Наука и образование». — Белово, 2008. — С. 596—599.
- [5] Инновационный патент 23975 Казахстан. Бетонная смесь / М.К. Карибаева и др. Оpub. 16.05.2011 Бюл. № 5.
- [6] *Природные сорбенты СССР* / Под ред. У.Г. Дистанова, А.С. Михайлова и др. — М.: Недра, 1990.

## **EXPERIMENTAL RESEARCHES ON THE FULFILLED ZEOLITES RECYCLING AFTER WATER TREATING**

**A.K. Adryshev, M.K. Karibaeva**

The East Kazakhstan state technical university of D. Serikbaeva  
*Protozanova str., 69, Ust-Kamenogorsk,  
the East Kazakhstan area, Republic of Kazakhstan, 070004*

In the given article the results of the researches on fulfilled zeolites recycling after potable water purifying are presented. Possibility of the processed zeolite application as a filler in a building solution is experimentally confirmed.

**Key words:** The processed zeolite, water purifying, recycling, building solution.