

УДК 574.635

АНАЛИЗ ИЗМЕНЧИВОСТИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ И СТЕПЕНИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗНЫХ ШУНГИТОВ

Мусина У.Ш.

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Казахстан (050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22), e.mail: 07061960@mail.ru

В статье показаны результаты проведенного статистического анализа по степени очистки сточных вод от тяжелых металлов. При учете степени очистки по отдельным элементам выявлено, что наибольшая средняя степень очистки была достигнута для титана ($95,6 \pm 1,8$ %) и магния ($89,6 \pm 0,5$ %) в промливневой сточной воде, для свинца ($95,5 \pm 2,6$ %) в шахтной воде и для меди ($83,5 \pm 2,95$ %) в нефтезагрязненной сточной воде. При учете степени очистки от используемого шунгита наилучшим эффектом очистки обладает карбонатный шунгит (72 %), далее в порядке убывания следуют сланцевый (57,3 %), карбонатно-сланцевый – 50,8 %) и зажогинский (46,4 %) шунгит. При учете степени очистки от происхождения сточных вод выявлено, что для нефтезагрязненных сточных вод наилучшим эффектом очистки обладал карбонатный (75,6 %), далее в порядке убывания следуют карбонатно-сланцевый (74,2 %), зажогинский (45,7 %) и сланцевый (28,4 %) шунгит, для шахтной воды – сланцевый (80,7 %), карбонатный и карбонатно-сланцевый (78,2 %) и зажогинский (32,9 %) шунгит и для промливневой сточной воды – карбонатный, сланцевый и карбонатно-сланцевый (62 %), зажогинский (60,5 %) шунгит. Также показано, что шунгитовые породы обеспечивают в комплексе с «полезными» микроорганизмами наилучший эффект очистки сточных вод.

Ключевые слова: сточная вода, шунгит, тяжелые металлы, сорбционно-микробиологический метод очистки, степень очистки.

ANALYSIS OF VARIABILITY OF MICROBIOLOGICAL ACTIVITY AND THE DEGREE OF SEWAGE TREATMENT FROM HEAVY METALS USING DIFFERENT SHUNGITES

Mussina U.S.

Kazakh National Research Technical University after K.I. Satpayev, Kazakhstan (050013 Almaty, Satpayev str., 22), e.mail: 07061960@mail.ru

The article shows the results of of statistical analysis of degree of cleaning of waste waters from heavy metals. In accounting for degree of cleaning of individual items revealed that the highest average degree of cleaning was achieved for titanium ($95,6 \pm 1,8\%$) and magnesium ($89,6 \pm 0,5\%$) in the industrial storm sewage water for lead ($95, 5 \pm 2,6\%$) in mine water and copper ($83.5 \pm 2.95\%$) in the oily waste water. In accounting for degree of cleaning of the used shungit best cleaning effect has shungit carbonate (72%), followed in descending order followed by shale (57.3%), carbonate-shale - 50.8%) and Zazhoginsky (46.4%) shungit. In accounting for degree of cleaning of waste water from origin revealed that of the petropolluted of wastewater had the best effect of clearing for carbonate (75.6%), followed in descending order followed by carbonate-shale (74.2%), Zazhoginsky (45.7%) and shale (28.4%) shungit for mine water - shale (80.7%), carbonate and carbonate-shale (78.2%) and Zazhoginsky (32.9%) shungit and industrial storm sewage - carbonate, shale and carbonate-shale (62%), Zazhoginsky (60.5%) shungit. Also shown is that shungite of rock provide in conjunction with the "useful" microorganisms best effect clearing wastewater.

Keywords: waste water, taurit carbonate shungit, heavy metals, sorption and microbiological method of cleaning, degree of cleaning.

Недостаточная степень очистки сточных вод промышленными предприятиями усугубляется дополнительно техногенным происхождением сточных вод. Поэтому разработка высокоэффективной технологии очистки сточных вод с учетом их техногенного происхождения на сегодня, как никогда, актуальна.

Цель исследования – провести статистический анализ изменчивости микробиологической активности и степени очистки сточных вод от тяжелых металлов в зависимости от техногенного происхождения сточных вод и используемого типа шунгита.

Объект и методы исследования. Объектом исследования послужили сточные воды различного техногенного происхождения: нефтезагрязненные, шахтные и промливневые сточные воды, отобранные соответственно в Кызылординской области из месторождения Кумколь, в Восточной–Казахстанской области из Тишинского Рудника РГОК и Усть-Каменогорского титаномагниевого комбината (АО «УК ТМК»).

Для очистки сточных вод были использованы различные типы шунгитов согласно методике, изложенной в работах [2-4]. На выбор исследуемых тяжелых металлов оказало влияние техногенное происхождение сточных вод.

Анализ по изменению химического состава проб сточных вод был проведен с использованием методов математической статистики [1,6].

Для того чтобы определить, имеется ли корреляционная связь между типом исследуемого шунгита (x) и степенью очистки сточных вод (y, %) от тяжелых металлов, был использован показатель бисериальной связи (r_b) [6], применяемый для изучения связи между количественными и качественными признаками.

Формула для вычисления r_b :

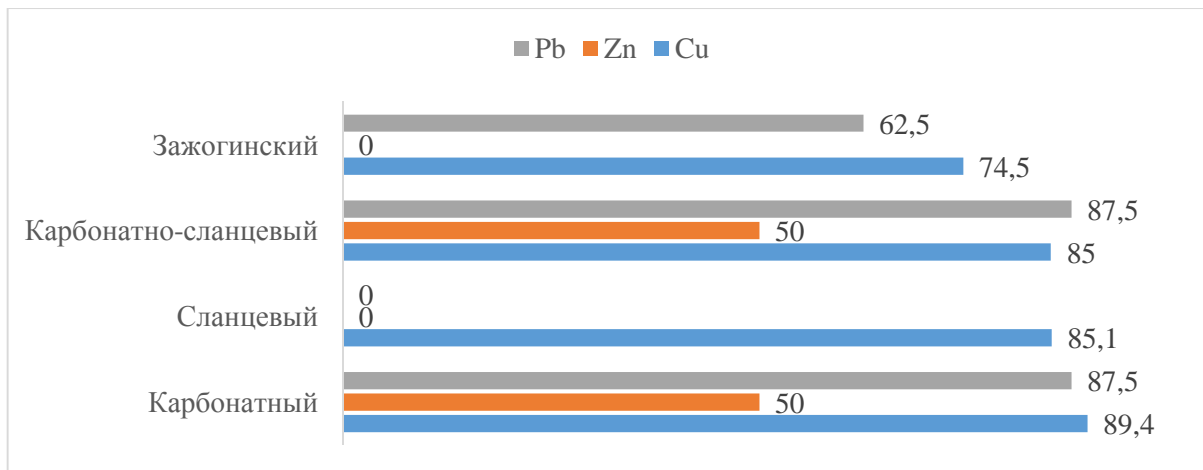
$$r_b = \frac{\frac{\sum f_+ \cdot a}{n_+} - \frac{\sum f \cdot a}{n}}{\sqrt{\frac{C}{n_+} - \frac{C}{n}}} \quad (1)$$

где C – дисперсия количественного признака. Подстрочный символ + указывает на присутствие качественного признака.

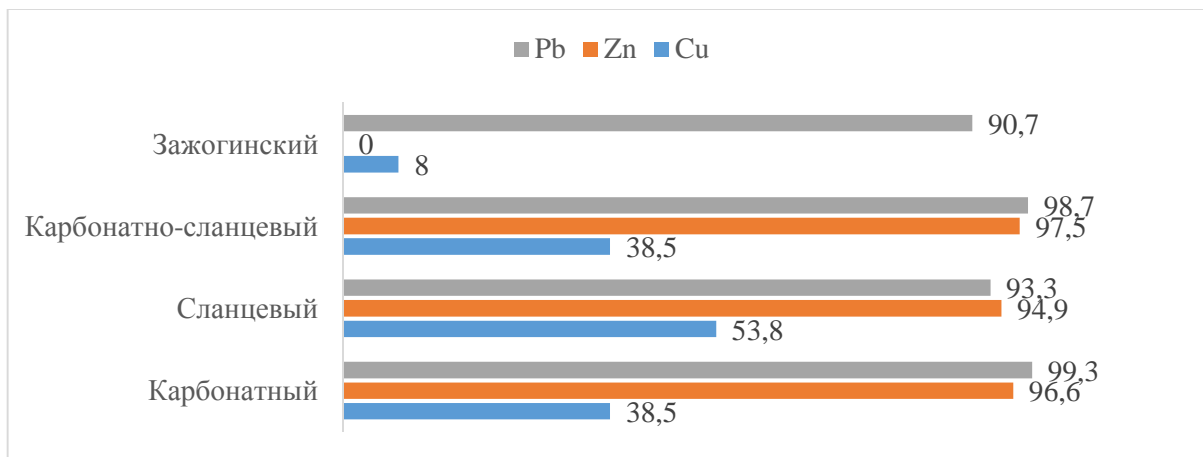
$$C = \sum fa^2 - \frac{(\sum fa)^2}{n} \quad (2)$$

Результаты и обсуждение. Как отмечено в работах [2-4], степень очистки сточных вод от тяжелых металлов зависит не только от их техногенного происхождения, физико-химических условий прохождения процесса и, в частности, от типа используемого для очистки шунгита, но и от микробиологической активности сточных вод.

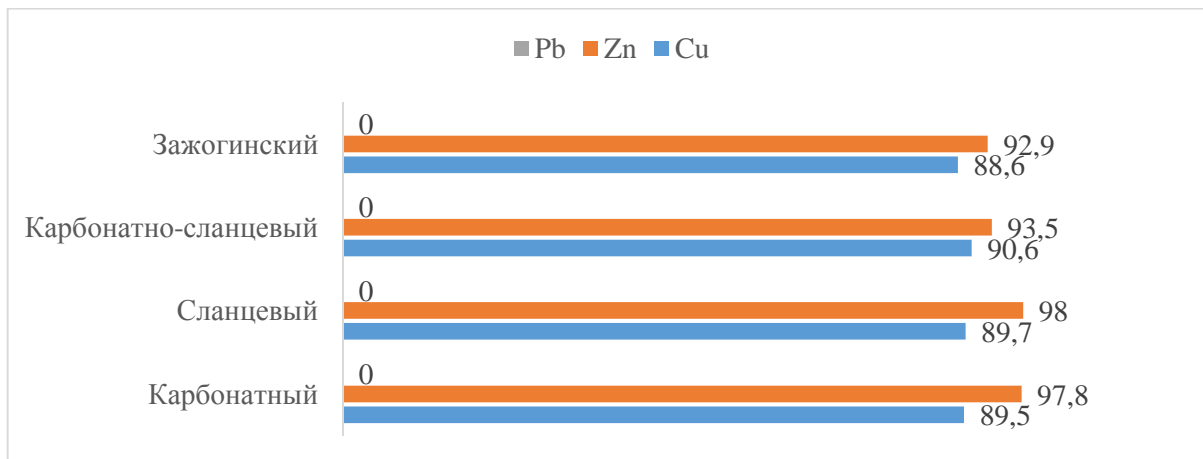
На рисунках 1 и 2 показаны результаты соответственно химического и микробиологического анализа очищенных сточных вод в зависимости от типа используемого шунгита в сравнительном аспекте.



а) нефтезагрязненная сточная вода



б) шахтная вода



с) промливневая сточная вода

Рис.1. Результаты химического анализа сточных вод различного техногенного происхождения по тяжелым металлам в зависимости от типа используемого шунгита в сравнительном аспекте

Как видно из рисунка 1(а) степень очистки сточных вод высока для меди (89,4 %), цинка (50 %) и свинца (87,5 %) при использовании карбонатного шунгита, тогда как

сланцевый шунгит не оказывает влияние на степень очистки для таких элементов, как цинк (0) и свинец (0). По степени очистки карбонатно-сланцевый шунгит занимает для всех рассматриваемых тяжелых металлов (медь 85 %, цинк 50 %, свинец 87,5 %) промежуточное положение.

Из рисунка 1(б) видим, что по шахтной воде наилучший эффект очистки мы наблюдаем для меди при использовании сланцевого (53,8 %), карбонатного и карбонатно-сланцевого (38,5 %), цинка – карбонатно-сланцевого (97,5 %), карбонатного (96,6 %) и сланцевого (94,9 %), свинца – карбонатного (99,3 %), карбонатно-сланцевого (98,7 %) и сланцевого (93,3 %) шунгита, а наихудший эффект был зарегистрирован для меди (8%) и цинка (0) при использовании загогинского шунгита. По свинцу все используемые шунгиты показали высокий эффект очистки (более 90 %).

Из рисунка 1(в) видим, что по промливневой сточной воде все используемые шунгиты обеспечили хорошую степень очистки для магния при использовании карбонатно-сланцевого (90,6 %), для титана – карбонатного и сланцевого (98 %) шунгита, тогда как относительно низкая степень очистки наблюдалось для магния и титана при использовании загогинского (88,6 % и 92,9 % соответственно) шунгита. Особо следует отметить, что эффекта очистки не было отмечено для хлора: во всех случаях содержание хлора в промливневой сточной воде, наоборот, увеличилось (на 4–11%) [2-4].

Чтобы дать общую оценку шунгиту приводится таблица 1, где показаны результаты проведенного статистического анализа по степени очистки сточных вод по исследуемым тяжелым металлам.

Таблица 1

Степень очистки сточных вод различного техногенного происхождения от тяжелых металлов

Степень очистки от <i>Cu, Zn, Pb</i> , %					Степень очистки от <i>Mg, Ti, Cl</i> , %		
Исследуемый элемент	Нефтезагрязненный сток		Шахтная сточная вода		Промливневая сточная вода		Исследуемый элемент
	$\bar{X} \pm m_{\bar{X}}$	C_v , %	$\bar{X} \pm m_{\bar{X}}$	C_v , %	$\bar{X} \pm m_{\bar{X}}$	C_v , %	
<i>Cu</i>	83,5 ± 2,95	6	54,9±13,9	43	89,6±0,5	1	<i>Mg</i>
<i>Zn</i>	25,0 ± 17,0	115	72,3±14,2	33	95,6±1,8	3	<i>Ti</i>
<i>Pb</i>	59,4 ± 24,3	70	95,5±2,6	5	0	-	<i>Cl</i>

Как видно из таблицы 1, наибольшая средняя степень очистки по четырем видам использованных типов шунгита была достигнута для титана (95,6±1,8 %) и магния (89,6±0,5 %)

в промливневой сточной воде, для свинца ($95,5 \pm 2,6$ %) в шахтной воде и для меди ($83,5 \pm 2,95$ %) в нефтезагрязненной сточной воде.

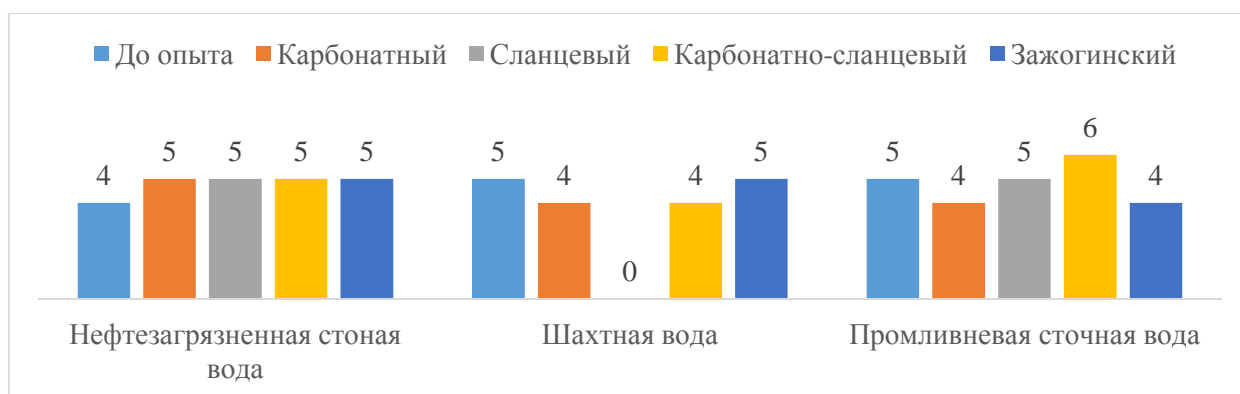
Также относительно хорошие результаты при использовании шунгитов по средней степени очистки наблюдаем для цинка ($72,3 \pm 14,2$ %) в шахтной сточной воде. Недостаточной для поддержания санитарных норм окружающей среды можно считать степень очистки, полученную для таких элементов, как свинец ($59,4 \pm 24,3$ %) в нефтезагрязненной сточной воде, медь ($54,9 \pm 13,9$ %) в шахтной воде, цинк ($25,0 \pm 17,0$ %) в нефтезагрязненной сточной воде. В промливневой сточной воде очистка от хлора полностью отсутствовала (0 %).

Вычисленные значения достоверности ($t_{\bar{x}}$) для некоторых элементов намного больше табличных значений t на трех уровнях вероятности (2,13; 2,95; 4,07) [1], следовательно, можно считать, что полученные средние арифметические высоко достоверны для меди (28) нефтезагрязненного стока, цинка (5,1), свинца (36,7) шахтной воды и магния (179) и титана (53) промливневой сточной воды, тогда как для цинка (1,4) нефтезагрязненного стока недостоверны.

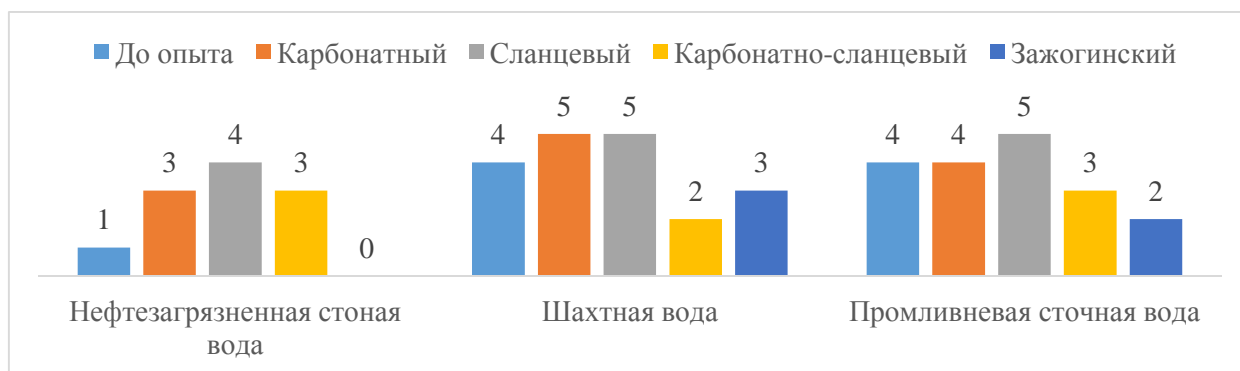
При этом следует отметить, что чем выше полученная по всем видам используемых типов шунгитов (кокусского – карбонатного, сланцевого, карбонатно-сланцевого и зажогинского) средняя по степени очистки (медь $83,5 \pm 2,95$ % для нефтезагрязненной сточной воды, свинец $95,5 \pm 2,6$ % для шахтной воды и титан $95,6 \pm 1,8$ % и магний $89,6 \pm 0,5$ % для промливневой сточной воды), тем ниже вариация (6, 5, 3 и 1 % соответственно) и, наоборот, чем ниже степень очистки (цинк $25,0 \pm 17,0$ % и свинец $59,4 \pm 24,3$ % для нефтезагрязненной сточной воды), тем выше вариация (115 и 70 % соответственно).

Согласно проведенным расчетам бисериальный показатель связи указывает на низкую связь между типом используемого шунгита и степенью очистки сточных вод от тяжелых металлов ($r_b = 0,2$). Поэтому на следующем этапе исследований ставилась задача, направленная на изучение микробиологической активности (рисунок 4) во взаимосвязи с используемым типом шунгита на степень очистки сточных вод в сравнительном аспекте в зависимости от их техногенного происхождения.

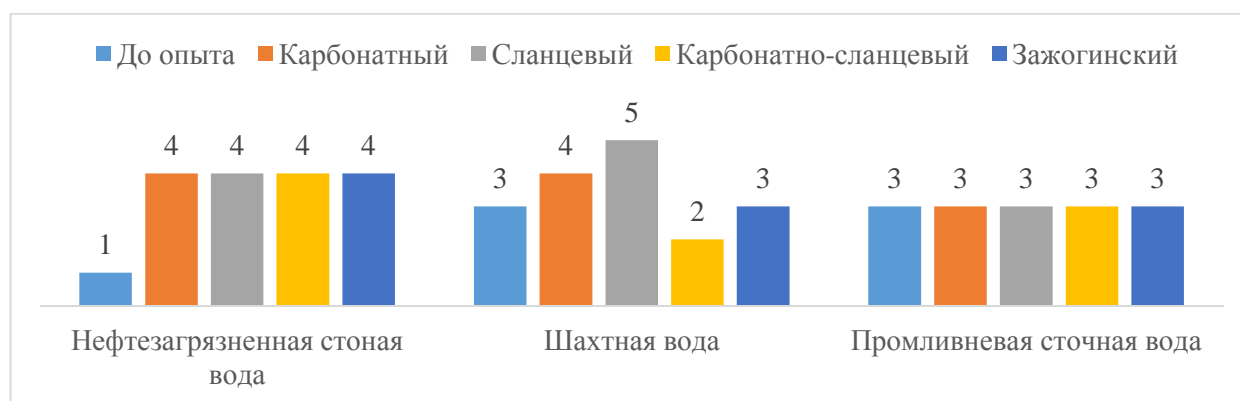
Как видно из рисунка 2, микробиологическая активность существенно колеблется в зависимости от техногенного происхождения сточных вод и используемого для их очистки типа шунгита. Так, при использовании всех видов шунгита мы видим, что в основном, наблюдается увеличение активности на один – три уровня разведения. Исключение составляет для нефтезагрязненной воды по актиномицетам зажогинский шунгит и для шахтной воды по ОМЧ сланцевый шунгит, т.к. наблюдалось отсутствие роста колоний на твердом питательном агаре.



а)



б)



в)

Рис.2. Микробиологическая активность по ОМЧ (а), актиномицетам (б) и микромицетам (в) в зависимости от техногенного происхождения сточных вод и используемого для очистки типа шунгита

Как видим, шунгитовые породы обеспечивают не только повышение концентрации кислорода в воде [5], но и повышение микробиологической активности. Поэтому можно предполагать, что последние играют существенную роль в утилизации загрязнений техногенной природы в сточных водах.

Резюмируя сведения, отраженные на рисунках 1 и 2, а также в таблице 1 можно отметить, что наилучшим эффектом очистки (рисунок 3, а) обладал карбонатный шунгит (72

%), далее в порядке убывания эффекта очистки следуют сланцевый (57,3 %), карбонатно-сланцевый – 50,8 %) и зажогинский (46,4 %) шунгит.

При учете степени очистки по трем элементам (б) в зависимости от происхождения сточных вод можно отметить, что для нефтезагрязненных сточных вод наилучшим реагентом является карбонатный (75,6 %), далее в порядке убывания следуют карбонатно-сланцевый (74,2 %), зажогинский (45,7 %) и сланцевый (28,4 %) шунгит, для шахтной воды – сланцевый (80,7 %), карбонатный и карбонатно-сланцевый (78,2 %) и зажогинский (32,9 %) шунгит и для промливневой сточной воды – карбонатный, сланцевый и карбонатно-сланцевый (62 %), зажогинский (60,5 %) шунгит.

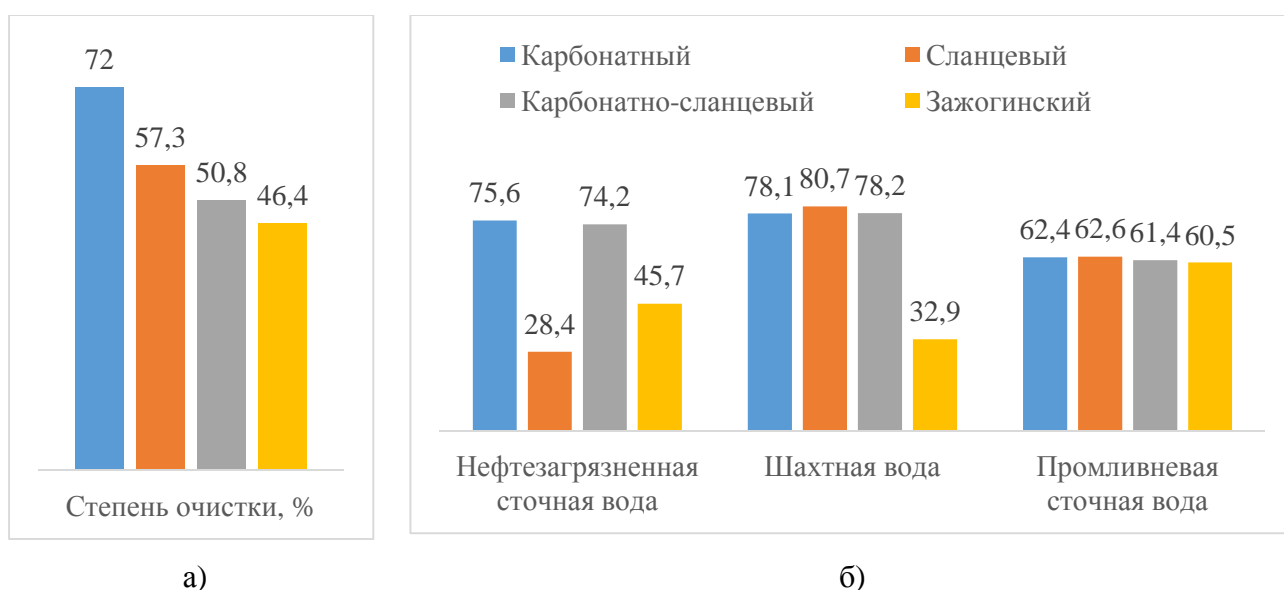


Рис. 3. Степень очистки сточных вод от тяжелых металлов (а) общая, б) в зависимости от техногенного происхождения сточных вод) при использовании различных типов шунгита

В результате проведенных исследований можно отметить, что при использовании шунгитов для очистки сточных вод следует особо обратить внимание на поведение микроорганизмов, т.к. последние именно под воздействием шунгитов обеспечивают наилучший эффект очистки стоков от тяжелых металлов.

Таким образом, результаты проведенного статистического анализа по степени очистки сточных вод от тяжелых металлов, позволяют изложить следующие **выводы**:

1) при учете степени очистки по отдельным элементам: наибольшая средняя степень очистки была достигнута для титана ($95,6 \pm 1,8$ %) и магния ($89,6 \pm 0,5$ %) в промливневой сточной воде, для свинца ($95,5 \pm 2,6$ %) в шахтной воде и для меди ($83,5 \pm 2,95$ %) в нефтезагрязненной сточной воде;

2) при учете степени очистки от используемого шунгита: наилучшим эффектом очистки обладает карбонатный шунгит (72 %), далее в порядке убывания эффекта очистки следуют сланцевый (57,3 %), карбонатно-сланцевый – 50,8 %) и зажогинский (46,4 %) шунгит;

3) при учете степени очистки от происхождения сточных вод:

- для нефтезагрязненных сточных вод наилучшим эффектом очистки обладал карбонатный (75,6 %), далее в порядке убывания следуют карбонатно-сланцевый (74,2 %), зажогинский (45,7 %) и сланцевый (28,4 %) шунгит,

- для шахтной воды – сланцевый (80,7 %), карбонатный и карбонатно-сланцевый (78,2 %) и зажогинский (32,9 %) шунгит,

- для промливневой сточной воды – карбонатный, сланцевый и карбонатно-сланцевый (62 %), зажогинский (60,5 %) шунгит.

4) шунгитовые породы обеспечивают в комплексе с «полезными» микроорганизмами наилучший эффект очистки сточных вод.

Список литературы

1. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М., Высшая школа. 1990. – 349 с.
2. Мусина У.Ш. Изучение процесса очистки сточных вод коксуским карбонатно-сланцевым (Казахстан) и зажогинским (Россия) шунгитами по химико-микробиологическим показателям // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2; URL: www.science-education.ru/129-21837 (дата обращения: 30.10.2015).
3. Мусина У.Ш. Экологические свойства сланцевого шунгита при очистке сточных вод различного техногенного происхождения // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2; URL: www.science-education.ru/129-21572 (дата обращения: 30.10.2015).
4. Мусина У.Ш. Экологические свойства таурит карбонатного шунгита при очистке сточных вод различного техногенного происхождения // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 5; URL: www.science-education.ru/128-21475 (дата обращения: 30.10.2015).
5. Мусина У.Ш., Козьмин Н.Б., Кутыбаев Н.Р., Нурдилданова Б.Е. Изучение влияния коксуского шунгита (таурита) на содержание кислорода в водных растворах. // Вестник КазНТУ. – 2012. – №1 (89). – С. 221-225.
6. Плохинский Н.А. Биометрия. – М. 1969. – 362 с.

Рецензенты:

Казова Р.А. , д.х.н., профессор, профессор кафедры Прикладной экологии НАО «КазНИТУ имени К.И. Сатпаева», г. Казань;

Курбанова Г.В., д.б.н., профессор кафедры Прикладной экологии НАО «КазНИТУ имени К.И. Сатпаева», г. Казань.