

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТАУРИТКАРБОНАТНОГО ШУНГИТА ПРИ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД РАЗЛИЧНОГО ТЕХНОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Мусина У.Ш.

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

В статье показаны результаты по изменению микробиоценоза в сточной воде различного техногенного происхождения при их очистке с использованием тауриткарбонатного шунгита. Исследования были основаны на применении визуальных, химических и микробиологических методов. Визуальная оценка показала, что поведение шунгита в воде в зависимости от техногенной природы сточных вод различна: по истечении опыта в толще воды мутность была зафиксирована только для нефтезагрязненной сточной воды, тогда как в других стоках вода была относительно прозрачной. Использование тауриткарбонатного композита на основе углерода благоприятно влияет на процесс очищения сточной воды (содержание тяжелых металлов снижается до 97%), на санитарное «оздоровление» сточной воды и на активность аборигенной микрофлоры, которая проявляется в увеличении скорости роста колоний на плотном питательном агаре.

Ключевые слова: сточная вода, тауриткарбонатный шунгит, тяжелые металлы, сорбционно-микробиологический метод очистки, колониеобразующая единица.

## ECOLOGICAL PROPERTIES OF TAURIT CARBONATE SHUNGIT IN CLEANING WASTE WATER OF DIFFERENT TECHNOGENIC ORIGIN

Mussina U.S.

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

In The article shows the results of changing microbiocenosis in the waste water various technogenic origin at their purification using taurit carbonate shungit. The studies were based on the use of visual, chemical and microbiological methods. Visual assessment showed that the behavior of schungite in water, depending on the technogenic nature of waste water is different: after the experience in the water turbidity was fixed only for oily waste water, while the other drains the water was relatively transparent. Using taurit carbonate composite based on carbon has positive effect on the process of cleansing of waste water (heavy metal content decreases to 97%) for sanitary "recovery" of waste water and the activity of the native microflora, which manifests itself in increasing the rate of growth of colonies on solid nutrient agar.

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

Актуальность применения эффективных методов защиты окружающей среды от техногенных загрязнителей (тяжелыми металлами, нефтью и нефтепродуктами и др.) определяется в решении экологических проблем по очистке сточных вод различного техногенного происхождения.

Шунгитовые породы Коксуского месторождения - это природный наноструктурированный композит, основными компонентами которого являются высокоупорядоченное углеродистое вещество (до 96–99% углерода) и кремнезём [3]. Благодаря своим экологическим свойствам, как обесцвечивающие [2] и увеличивающие концентрацию кислорода в воде [4], шунгитовые породы Коксуского месторождения имеют практическую ценность при очистке сточных вод биотехнологическими методами.

Цель исследования – изучение экологических свойств тауриткарбонатного шунгита при очистке сточных вод различного техногенного происхождения.

**Объект и методика исследований.** Эксперимент по очистке сточных вод с применением тауриткарбонатного шунгита представлен на рисунке 1.



*Рис. 1. Эксперимент по очистке сточных вод с применением тауриткарбонатного шунгита*

Объектом исследования, как показано на рисунке 1, послужили отобранные пробы сточной воды различной техногенной природы:

- нефтезагрязненные сточные воды, полученные из месторождения Кумколь Кызылординской области,
- шахтная вода из «Тишинского Рудника РГОК» Восточно-Казахстанской области;
- промливневая сточная вода, отобранная из АО «Усть-Каменогорский титаномагниевого комбинат» (АО «УК ТМК»).

На 200 мл испытуемой воды использовали 10 г стерильного тауриткарбонатного композита на основе углерода (содержимое одной колбы). Каждый вариант как опытной, так и контрольной групп имел 3 повторности. Эксперимент длился 14 дней.

Микробиологическая активность изучалась на основе применения метода предельного разведения с использованием твердых питательных сред, предназначенных для определения ОМЧ, актиномицетов и микромицетов [5].

Статистическая обработка осуществлялась по методике [1].

**Результаты и обсуждение.** Изучение изменений микробиоценоза в сточной воде различной техногенной природы при их очистке с использованием тауриткарбонатного

шунгита было основано на применении визуальных, химических и микробиологических методов исследования.

Визуальная оценка показала, что поведение шунгита в воде в зависимости от техногенной природы сточных вод различна. Так, если в опыте с очисткой нефтезагрязненных стоков по всей поверхности воды была распластана шунгитовая пыль в комплексе с включениями маслянистой природы, то в опыте с промливневой сточной и шахтной водой на поверхности воды шунгитовая пыль распространялась незначительно. В толще воды мутность была зафиксирована только для пробы 1, тогда как у проб 2 и 3 вода была относительно прозрачной. В основе такого различия лежит, с одной стороны, ионообменная активность составляющих шунгита и его наноструктурные особенности, с другой - дополнительное присутствие в испытуемом стоке пробы 1 примесей техногенной природы, в частности нефтезагрязнений. Согласно ранее выполненной работе [2] можно предположить, что для осветления нефтезагрязненной воды тауриткарбонатному шунгиту в комплексе с микроорганизмами требуется больше времени.

В таблице 1 показаны результаты химического анализа для исследуемых сточных вод различной техногенной природы до и после поставленного эксперимента.

**Таблица 1**

Результаты химического анализа по тяжелым металлам для исследуемых сточных вод различной техногенной природы до и после поставленного эксперимента

Техногенная природа проб сточной воды	Единица измерения	Массовая доля определяемых элементов						
		Cu	Zn	Pb	Mg	Ti	Cl	SO <sub>4</sub>
Нефтезагрязненный сток	мг/л	0,047	0,006	0,008	-	-	-	-
		0005	0,003	<0,001	-	-	-	-
Шахтная вода	мг/л	0,013	0,353	0,150	-	-	-	420,0
		0,008	0,011	<0,001	-	-	-	503,8
Промливневая сточная вода	мг/л	-	-	-	307,53	0,49	674,00	100,00
		-	-	-	32,36	0,011	720,0	140,0
ПДК <sub>рыб-хоз</sub>	мг/л	0,001	0,01	0,006	40	0,06	300	100

Как видно из таблицы 1, согласно показаниям TDS-метра, общая минерализация претерпела по группам следующие изменения:

- пробы 1 (нефтезагрязненный сток) и 2 (шахтная вода): снижаются соответственно на 4 и 12,6%, хотя дополнительно из состава композита вносятся сульфат-ионы;

- проба 3 (промливневая сточная вода): повышение на 7%, что связано с присутствием в составе исследуемого шунгита сульфидов и сульфатов железа.

При использовании тауриткарбонатного композита на основе углерода также видим, что содержание тяжелых металлов меняется по-разному в зависимости от природы происхождения сточных вод.

Проба 1 (нефтезагрязненный сток): содержание меди уменьшилось на 89,4%, цинка – на 50%, свинца – на 87,5%. Следовательно, тауриткарбонатный шунгит обладает хорошим эффектом очистки нефтезагрязненных стоков от тяжелых металлов.

Проба 2 (шахтная вода): содержание меди уменьшилось на 38,5%, цинка – на 96,6%, свинца – на 99,3%, тогда как сульфатов увеличилось на 20%.

Проба 3 (промливневая сточная вода): содержание магния и титана уменьшилось на 89,5 и 97,8% соответственно, тогда как содержание хлора и сульфатов, наоборот, повысилось на 10,8 и 40% соответственно.

Следовательно, использование тауриткарбонатного композита на основе углерода благоприятно влияет на процесс очищения сточной воды АО «УК ТМК» по таким тяжелым металлам, как магний и титан (почти 90 и 98% соответственно), а для шахтной воды «Тишинского Рудника РГОК» по таким тяжелым металлам, как медь, цинк и свинец (почти 39, 97 и 99% соответственно), тогда как для хлора (проба 3: увеличение на почти 11%) и сульфатов (пробы 2 и 3) данный тип композита оказывает аккумулялирующее действие (увеличение на почти 20 и 40% соответственно).

Особый интерес представляет изучение изменения скорости роста микроорганизмов, как показателя микробиологической активности, до и после поставленного эксперимента в зависимости от техногенного происхождения сточной воды.

В таблице 2 показан количественный учет микроорганизмов в пробах сточной воды различной техногенной природы.

Как видно из таблицы 2, исследования по микробиологической обсеменённости при использовании в очистке от тяжелых металлов тауриткарбонатного шунгита показало различные результаты в зависимости от техногенной природы сточных вод.

Так, в нефтезагрязненных стоках рост колоний для исследуемых таксонов на твердом агаре был обнаружен через 48 часов культивирования: по ОМЧ на пятом, актиномицетам – на третьем и микромицетам – на четвертом уровне разведения.

**Таблица 2**

Количественный учет микроорганизмов в пробах сточной воды различной техногенной природы

Обсемененность, КОЕ/мл	Техногенная природа проб сточной воды					
	Нефтезагрязненный сток		Шахтная вода		Промливневая сточная вода	
	$\bar{X} \pm m_{\bar{X}}$	$C_v, \%$	$\bar{X} \pm m_{\bar{X}}$	$C_v, \%$	$\bar{X} \pm m_{\bar{X}}$	$C_v, \%$
ОМЧ	$2,7 \pm 1,1$	57	$7,0 \pm 1,2$	25	$6,7 \pm 0,4$	9

гетеротрофных микроорганизмов	$\times 10^5$		$\times 10^4$		$\times 10^4$	
Актиномицеты	$5,0 \pm 1,24$ $\times 10^3$	35	$2,9 \pm 0,7$ $\times 10^5$	34	$1,0 \times 10^4$	0
Микромицеты	$1,8 \pm 1,5$ $\times 10^4$	49	$1,0 \pm 0,9$ $\times 10^4$	122	$6,5 \pm 0,8$ $\times 10^3$	18

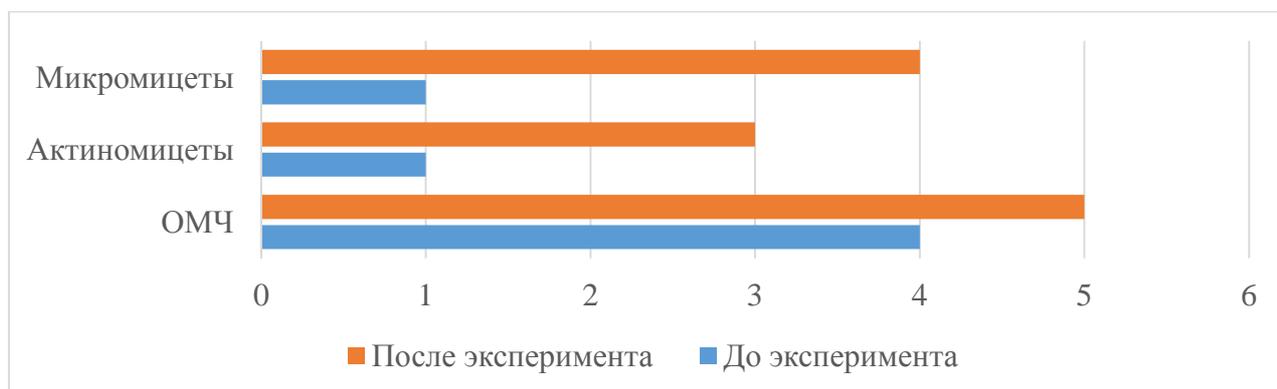
Если рассматривать обсемененность на твердых питательных средах до и после постановки эксперимента (рис. 2а), то:

- по ОМЧ рост колоний был обнаружен на уровне четвертого разведения уже через 24 часа культивирования, тогда как после поставленных экспериментов через 24 часа культивирования роста колоний обнаружено не было;

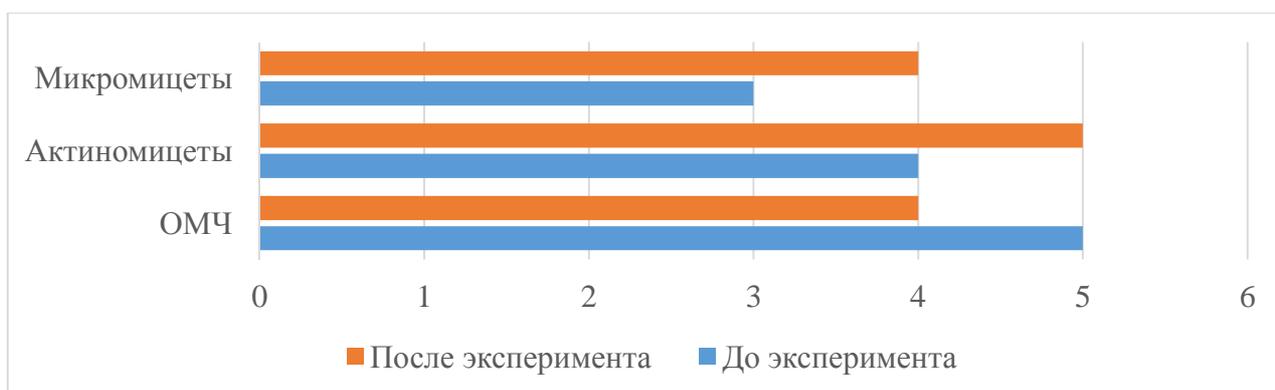
- по актиномицетам и микромицетам наблюдается увеличение активности: третий и четвертый уровень разведения (после эксперимента) против первого и второго уровня разведения (до эксперимента) соответственно.

Также следует отметить, что изменчивость по количественному учету микроорганизмов согласно коэффициенту корреляции (%) для ОМЧ выше после поставленного эксперимента (57%) по сравнению с  $S_v$ , полученному до опыта (28%), следовательно, полученные после опыта по повторностям результаты были менее однородны. Коэффициент изменчивости по актиномицетам и микромицетам, наоборот, после опыта был ниже по сравнению с результатами, полученными до эксперимента (25% против 94% и 9% против 100% соответственно), что свидетельствует о получении в повторностях после опыта более однородных показателей.

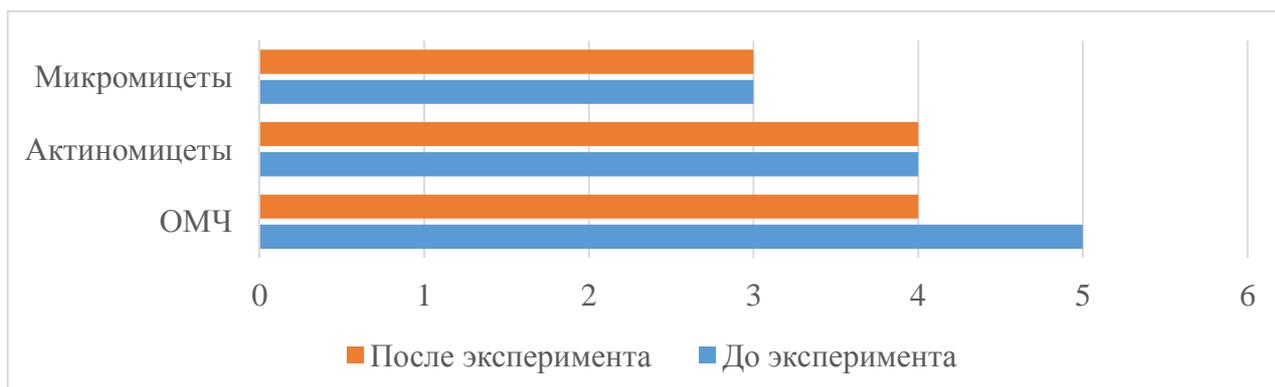
Следовательно, использование тауриткарбонатного композита на основе углерода для нефтезагрязненной воды способствует по ОМЧ замедлению скорости роста, тогда как для актиномицетов и микромицетов скорость роста на твердом селективном агаре возрастает.



а)



б)



в)

*Рис. 2. Количественный учет микроорганизмов до и после постановки эксперимента, уровень разведения: а) нефтезагрязненные сточные воды месторождения Кумколь Кызылординской области; б) шахтная вода «Тишинского Рудника РГОК» Восточно-Казахстанской области; в) промливневая сточная вода АО «Усть-Каменогорский титаномагниевый комбинат»*

Дополнительно следует отметить, что если до постановки опыта в пробах нефтезагрязненной сточной воды было отмечено присутствие колиморфных бактерий, то после опыта – роста их колоний не было. Полученные результаты свидетельствуют о том, что тауриткарбонатный шунгит способствует санитарному «оздоровлению» сточных вод.

Результаты эксперимента по общей обсемененности исследуемой пробы шахтной воды, отобранные в «Тишинском Руднике РГОК» Восточно-Казахстанской области и подвергшиеся опыту, свидетельствуют об относительно умеренном росте микроорганизмов: 4-й уровень разведения по ОМЧ, 5-й по актиномицетам и 4-й по микромицетам.

При сравнении с данными, полученными по общей обсемененности перед экспериментом (рис. 2б), с данными, полученными после постановки опыта, мы видим, с одной стороны, незначительное снижение (один уровень) обсемененности по ОМЧ, с другой – существенное снижение изменчивости с 94% до 25%, что свидетельствует о получении после опыта по повторностям более однородных данных по сравнению с результатами,

полученными до опыта. Обсемененность по актиномицетам и микромицетам показала кардинально противоположные результаты как по обсемененности (повышение на одно разведение), так и по изменчивости (повышение коэффициента корреляции: 34% против 8% и 122% против 14% соответственно).

Таким образом, полученные после опыта по шахтной воде результаты свидетельствуют, что использование данного типа шунгита благоприятно влияет на рост актиномицетов и микромицетов.

В промливневых стоках рост колоний для исследуемых таксонов на твердом агаре был обнаружен через 48 часов культивирования: по ОМЧ и актиномицетам на четвертом, по микромицетам – на третьем уровне разведения. При сравнении с результатами до поставленного опыта можно отметить, что по росту колоний по ОМЧ наблюдалось снижение обсемененности (один уровень), а у актиномицетов и микромицетов изменений не было, тогда как по коэффициенту корреляции можно утверждать, что изменчивость существенно сократилась после опыта (9% против 100%, 0% против 49% и 18% против 35% соответственно). Следовательно, после опыта рост колоний в повторностях был более однородным.

При этом необходимо отметить, что данные по микробиологической обсемененности, полученные в процессе эксперимента, достоверно ( $p=0,05$ ) отражают во всех вариантах состояние исследуемых сточных вод.

**Заключение и выводы.** Изучение закономерностей изменения микробиоценоза в сточной воде в сочетании с тауриткарбонатным шунгитом позволит, благодаря направленности процесса биоочистки сточных вод от различных ксенобиотиков, получить безопасный субстрат, который при оптимальных условиях может быть использован в очистных сооружениях.

### **Выводы**

1. Благодаря своим экологическим свойствам, как обесцвечивающие и увеличивающие концентрацию кислорода в воде, шунгитовые породы Коксуского месторождения имеют практическую ценность при очистке сточных вод биотехнологическими методами.

2. Использование тауриткарбонатного композита на основе углерода благоприятно влияет:

а) на обесцвечивание сточных вод: по истечении опыта в толще воды мутность была зафиксирована только для нефтезагрязненной сточной воды, тогда как в других стоках вода была относительно прозрачной;

б) на процесс очищения сточной воды, т.к.:

- для нефтезагрязненной сточной воды содержание меди уменьшилось на 89,4%, цинка – на 50%, свинца – на 87,5%,
- для шахтной воды содержание меди уменьшилось на 38,5%, цинка – на 96,6%, свинца – на 99,3%,
- для промливневой сточной воды содержание магния и титана уменьшилось на 89,5% и 97,8% соответственно;
- в) на санитарное «оздоровление» сточной воды;
- г) на активность аборигенной микрофлоры, которая проявляется в увеличении скорости роста колоний на плотном питательном агаре:
  - по нефтезагрязненной сточной воде для актиномицетов с первого (перед опытом) до третьего уровня разведения (после опыта), микромицетов с первого до четвертого уровня разведения соответственно,
  - по шахтной воде для актиномицетов с четвертого (перед опытом) до пятого уровня разведения (после опыта) и микромицетов с третьего до четвертого уровня разведения соответственно,
  - по промливневой сточной воде активность рассматриваемых таксонов осталась без изменения (четвертый и третий уровень разведения соответственно).

### Список литературы

1. Лакин Г.Ф. Биометрия. - М. : Высшая школа, 1990. – 349 с.
2. Мусина У.Ш. Изучение обесцвечивающей способности коксуских шунгитистых пород // Вестник КазНТУ. - 2011. - № 1 (83). - С. 85-90.
3. Мусина У.Ш. Изучение физико-химических свойств коксуских шунгитистых пород // Вестник КазНТУ. - 2010. - № 6 (82). - С. 3-7.
4. 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.
5. Теппер Е.З. Практикум по микробиологии / Е.З. Теппер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, 1993. – 175 с.

### Рецензенты:

Казова Р.А., д.х.н., профессор, профессор кафедры прикладной экологии НАО «КазНТУ имени К.И. Сатпаева», г. Алматы;

Курбанова Г.В., д.б.н., профессор кафедры прикладной экологии НАО «КазНТУ имени К.И. Сатпаева», г. Алматы.