

МИКРОБИОЦЕНОЗ СТОЧНЫХ ВОД РАЗЛИЧНОЙ ТЕХНОГЕННОЙ ПРИРОДЫ

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 общей минерализации, загрязнению тяжелыми металлами и микробиологической обсемененности сточных вод в зависимости от их техногенной природы. Наиболее загрязненной по общей минерализации являются пробы промливневой сточной воды АО «УК ТМК» по сравнению с пробами, полученных из нефтезагрязненного стока месторождения Кумколь Кызылординской области и проб, отобранных из шахтной воды «Тишинского Рудника РГОК» Восточно-Казахстанской области. Согласно показаниям ПДК, исследуемые сточные воды имеют высокую степень загрязнения по рассматриваемым тяжелым металлам в зависимости от их техногенной природы, т.к. превышение ПДК варьировало в пределах от 1,3 ПДК по свинцу до 47 ПДК по меди (нефтезагрязненный сток), от 4,2 ПДК по сульфатам до 35,3 ПДК по цинку (шахтная вода) и от 7,7 ПДК по магнию до 8,2 ПДК по титану (промливневая сточная вода). Санитарно-микробиологическое состояние было удовлетворительным для стоков промливневой и шахтной воды, т.к. различные серотипы E.coli не были обнаружены, тогда как для проб нефтезагрязненных стоков был отмечен рост колоний по колиформным бактериям. Количественный учет микроорганизмов показал, что ОМЧ гетеротрофных микроорганизмов варьировал уже через 24 часа культивирования в пределах от 0 (промливневая сточная вода) до четвертого (нефтезагрязненный сток) и пятого (шахтная вода) уровня разведения.

Ключевые слова: сточная вода различной техногенной природы, общая минерализация сточной воды, массовая доля элемента, колониеобразующие единицы, микробиоценоз.

MICROBIOCENOSIS SEWAGE WATER A VARIOUS TECHNOGENIC OF NATURE

Mussina U.S.

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

The article shows the results of total mineralization, pollution by heavy metals and microbial contamination of wastewater in accordance with their anthropogenic origin. Most polluted on the total of mineralization are sample industrial storm sewage of "UK TMC" compared with samples obtained from oil-contaminated runoff Kumkol field in Kyzylorda region and samples taken from the mine water "Tishinsk Mine RGOK" East Kazakhstan region. According to indications MPC researched waste water have a high degree of pollution for heavy metals depending on their technogenic nature, because excess of MPC ranged from 1.3 MPC for lead to 47 MPC for copper (oil-contaminated runoff), from 4.2 MPC for sulfates to 35.3 MPC for zinc (mine water) and 7.7 MPC for magnesium to 8 2 MAC for titanium (industrial waste water). Sanitary and microbiological status is satisfactory for industrial waste water and mine water, as different serotypes of E.coli were not detected, whereas the sample of oil-contaminated waste was marked by the growth of colonies of coliform bacteria. Quantitative accounting of microorganisms showed that TMC heterotrophic microorganisms varied within 24 hours of culture in the range of 0 (industrial waste water) to the fourth (oil-contaminated runoff) and fifth (mine water) level of dilution.

Keywords: sewage water a various technogenic of nature, total mineralization of sewage, the mass fraction of the element, colony-forming units, microbiocenose.

Изучение закономерностей изменения микробиоценоза в сточной воде в зависимости от их техногенной природы имеет практическую ценность для решения экологических проблем по разработке или усовершенствованию способов, направленных на улучшение неудовлетворительного состояния поверхностных вод Казахстана в результате разрешенных поступлений нормативно-очищенных и недоочищенных сточных вод предприятий.

Цель исследования – изучение микробиоценоза сточных вод различного техногенного

происхождения.

Объект и методика исследований. Объектом исследования послужили отобранные пробы сточной воды различной техногенной природы:

- нефтезагрязненные сточные воды месторождения Кумколь Кызылординской области;

- промливневая сточная вода АО «Усть-Каменогорский титаномагниевый комбинат» (АО «УК ТМК»);

- шахтная вода «Тишинского Рудника РГОК» Восточно-Казахстанской области.

Изучение изменений микробиоценоза в водной системе различной техногенной природы были основаны на химических и микробиологических методах исследования.

Отбор проб сточной воды осуществляли по общепринятой методике [1, 3].

При химическом анализе проб сточных вод изучали массовую долю определяемых элементов (мг/л).

Для изучения микробиоценоза испытуемых объектов были использованы стандартный агар по определению общего микробного числа (ОМЧ) и селективные твердые питательные среды, предназначенные для обнаружения колиформных бактерий, актиномицетов и микромицетов. Дополнительно следует отметить, что для культивирования микромицетов были использованы среда Чапека, предназначенная для культивирования плесневых грибов рода *Aspergillus* [7] и глюкозопептонный агар (ГПА), предназначенный для санитарно-микробиологического контроля воды [2, 4].

Микробиологический анализ был основан на применении метода предельного разведения: 1 мл исследуемой воды переносили в три параллельные чашки Петри, которые предварительно были залиты 20 мл расплавленной и охлажденной питательной средой. Чашки Петри с посевом помещали для культивирования в термостат. Температурный режим и время культивирования варьировали соответственно в пределах от 29 °С (ОМЧ, микромицеты) до 35 °С (колиформные бактерии, актиномицеты) и от 24–48 ч (ОМЧ, колиформные бактерии) до 48–72 ч (актиномицеты, микромицеты). После извлечения чашек Петри из термостата подсчитывали результаты (число выросших колоний) [6, 8].

Статистическая обработка полученных данных проводили по методике работы [5].

Результаты и обсуждение. Химический анализ для проб сточной воды различной техногенной природы в сравнительном аспекте представлен по общей минерализации на графике рисунка и по массовой доле определяемых элементов – в таблице 1.



Общая минерализация (мг/л) сточных вод различной техногенной природы

Как видно из рисунка, изменения солесодержания в воде по показаниям TDS-метра показало согласно контролю, что нефтезагрязненные стоки по общей минерализации имеют удовлетворительные показатели (233 мг/л), шахтная вода и промливневая сточная вода считаются технически загрязненной, т.к. их показания выше 500 мг/л (соответственно 520 и 1300 мг/л). Если же рассматривать в сравнительном аспекте, то наиболее загрязненной, как это видно из рисунка, являются пробы промливневой сточной воды АО «УК ТМК», тогда как пробы нефтезагрязненного стока из месторождения Кумколь Кызылординской области и пробы, отобранные из шахтной воды «Тишинского Рудника РГОК» Восточно-Казахстанской области по общей минерализации, находятся в пределах «техногенной нормы».

Таблица 1

Массовая доля определяемых элементов в пробах сточной воды различной техногенной природы

Техногенная природа проб сточной воды	Единица измерения	Массовая доля определяемых элементов						
		Cu	Zn	Pb	Mg	Ti	Cl	SO ₄
Нефтезагрязненный сток	мг/л	0,047	0,006	0,008	-	-	-	-
Шахтная вода	мг/л	0,013	0,353	0,150	-	-	-	420,0
Промливневая сточная вода	мг/л	-	-	-	307,53	0,49	674,00	100,00
ПДК _{рыб-хоз}	мг/л	0,001	0,01	0,006	40	0,06	300	100

Как видно из таблицы 1, выбор определяемых элементов для химического анализа зависел от техногенной природы отобранных проб сточной воды. Так, согласно показаниям ПДК, превышение по исследуемым тяжелым металлам в зависимости от техногенной природы сточных вод составило для:

- нефтезагрязненного стока: по меди 47 ПДК, по свинцу – 1,3 ПДК;
- шахтной воды: по меди 13 ПДК, цинку – 35,3 ПДК, свинцу – 25 ПДК, сульфатам – 4,2 ПДК;

- промливневой сточной воды: по магнию 7,7 ПДК, титану – 8,2 ПДК.

Как видим, согласно показаниям ПДК, исследуемые сточные воды имеют высокую степень загрязнения по рассматриваемым тяжелым металлам.

Особый интерес представляет изучение микробиологической обсемененности сточных вод в зависимости от их техногенной природы. На начальном этапе были изучены санитарно-показательные микроорганизмы на примере колиморфных бактерий (таблица 2), являющиеся маркерами фекальной контаминации и представляющие собой группу бактерий семейства энтеробактерий, после – количественный учет микроорганизмов по ОМЧ гетеротрофных микроорганизмов, актиномицетам и микромицетам (таблица 3).

Таблица 2

Санитарное состояние проб сточной воды различной техногенной природы

КОЕ/мл	Техногенная природа проб сточной воды		
	Нефтезагрязненный сток	Шахтная вода	Промливневая сточная вода
Колиморфные бактерии	Меньше 10	Не обнаружено	Не обнаружено

Как видно из таблицы 2, присутствие в нефтезагрязненной сточной воде колиморфных бактерий, как маркеров фекальной контаминации (меньше 10), свидетельствует о наличии вторичного загрязнения, ведь пробы воды отбирались с открытого техногенного накопителя. Микробиологическое исследование также показало, что в стоках промливневой и шахтной воды не содержатся различные серотипы колиморфных бактерий.

Количественный учет микроорганизмов (КОЕ/мл) исследуемых сточных вод в зависимости от их техногенной природы представлен в таблице 3.

Из таблицы 3 видно, что для проб сточной воды:

1) загрязненные нефтеотходами:

- видимые колонии по ОМЧ были зафиксированы уже через 24 часа культивирования на четвертом уровне разведения,
- обсемененность быстрорастущими актиномицетами и микромицетами были обнаружены через 48 часов культивирования на уровне первого разведения;

2) Усть-Каменогорского титаномагниевого комбината роста исследуемых культур:

- через 24 часа культивирования обнаружено не было,
- через 48 ч культивирования рост колоний по ОМЧ достигло пятого уровня разведения, по актиномицетам – четвертого и микромицетам – третьего уровня разведения;

3) полученных из шахтной воды «Тишинского Рудника РГОК» Восточно-Казахстанской области был выявлен рост по:

- ОМЧ через 24 часа культивирования на пятом уровне разведения,
- по актиномицетам на четвертом и микромицетам на третьем уровне разведения был обнаружен через 48 часов культивирования.

Таблица 3

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 гетеротрофных микроорганизмов	$2,5 \pm 0,7$ $\times 10^4$	28	$3,0 \pm 2,8$ $\times 10^5$	94	$1,0 \pm 1,0$ $\times 10^5$	100
Актиномицеты	Меньше 10	50	$9,7 \pm 0,8$ $\times 10^4$	8	$1,7 \pm 0,8$ $\times 10^4$	49
Микромицеты	Меньше 10	100	$4,67 \pm 0,8$ $\times 10^3$	14	$4,7 \pm 1,3$ $\times 10^3$	35

Согласно биометрического анализа можно отметить, что относительно высокие показатели изменчивости отмечены для проб нефтезагрязненных стоков и промливневой сточной воды и относительно низкие – для проб шахтной воды. Если же рассматривать показатели изменчивости среди исследуемых таксонов можно отметить, что изменчивость по обсемененности высоковариабельна для гетеротрофных микроорганизмов ($C_v = 100 \%$; промливневая сточная вода) и микромицетов ($C_v = 100 \%$; нефтезагрязненный сток), низковариабельна – для актиномицетов ($C_v = 8 \%$; шахтная вода).

Резюмируя можно отметить, что данные по микробиологической обсемененности, полученные от отобранных проб стоков достоверно ($p=0,05; 0,09$) отражают состояние исследуемых сточных вод различной техногенной природы.

Как видим, при среднем уровне разведения по гетеротрофным микроорганизмам, согласно обсемененности, наибольший «дискомфорт» был отмечен для проб воды, полученных от нефтезагрязненных стоков.

Для изучения особенностей варьирования показателей обсемененности микроорганизмов в сточной воде различной техногенной природы под действием различных факторов был применен метод дисперсионного анализа. Известно, что различные факторы действуют на микробиологическую обсемененность в сточных водах независимо друг от

друга с различной силой и в различных направлениях. В результате такого воздействия варьирующий признак, в нашем случае, обсемененность сточных вод микроорганизмами, приобретает какую-то определенную величину изменчивости. Эти факторы могут быть учтенными (x), т.к. они изучаются и контролируются в опыте, например, техногенное происхождение сточной воды, и неучтенными (z), которые хотя и оказывают влияние на изменчивость признака, но в опыте не учитываются и не контролируются, например, физико-химические и антропогенные факторы воздействия и др.

Основной задачей для данного этапа было выявить степень влияния такого фактора, как техногенное происхождение стоков, на микробиологическую обсемененность.

Для выполнения поставленной задачи составлен однофакторный дисперсионный комплекс, собирающий материал по группам по трем классам (*I*) изучаемого фактора (A_1 – нефтезагрязненные сточные воды, A_2 – шахтная вода, A_3 – промливневая сточная вода).

После расчета вспомогательных величин, по сводным формулам дисперсионного анализа для однофакторного комплекса произведены решения, ответы представлены в таблице 4.

Таблица 4

Сводные формулы дисперсионного анализа для однофакторного комплекса

Дисперсия	Девиаты		Степень свободы		Дисперсия	
Общая	$D_y = \sum x_i^2 - H$	310,9	$k_y = N - 1$	8		
Факториальная	$D_A = (\sum (\sum x_i)^2 / n) - H$	26,2	$k_A = a - 1$	2	$s_A^2 = \frac{D_A}{k_A}$	13,1
Остаточная	$D_e = D_y - D_A$	284,7	$k_e = k_y - k_A$	6	$s_e^2 = \frac{D_e}{k_e}$	47,45

Как видим из таблицы 3, $s_A^2 < s_e^2$, следовательно, межгрупповая вариация не превышает внутригруппового случайного уровня и, следовательно, считать достоверным влияние факторов на исследуемый признак нет оснований ($F = \frac{s_A^2}{s_e^2} = 0,28$; $F < 5,14$ и $10,92$), поэтому можно считать, что различия в двух величинах дисперсий отсутствуют и проверяемая гипотеза сохраняется.

Заключение и выводы. Согласно проведенным исследованиям можно заключить, что:

1) по общей минерализации, наиболее загрязненной являются пробы промливневой сточной воды АО «УК ТМК» по сравнению с пробами, полученных из нефтезагрязненного стока месторождения Кумколь Кызылординской области и проб, отобранных из шахтной воды «Тишинского Рудника РГОК» Восточно-Казахстанской области;

2) согласно показаниям ПДК, исследуемые сточные воды имеют высокую степень загрязнения по рассматриваемым тяжелым металлам в зависимости от их техногенной природы, т.к. превышение ПДК варьировало в пределах от 1,3 ПДК по свинцу до 47 ПДК по меди (нефтезагрязненный сток), от 4,2 ПДК по сульфатам до 35,3 ПДК по цинку (шахтная вода) и от 7,7 ПДК по магнию до 8,2 ПДК по титану (промливневая сточная вода);

3) санитарно-микробиологическое состояние было удовлетворительным для стоков промливневой и шахтной воды, тогда как для проб нефтезагрязненных стоков был отмечен рост колоний по колиформным бактериям;

4) количественный учет микроорганизмов показал, что:

- ОМЧ гетеротрофных микроорганизмов варьировал уже через 24 часа культивирования в пределах от 0 (промливневая сточная вода) до четвертого (нефтезагрязненный сток) и пятого (шахтная вода) уровня разведения,

- обсемененность актиномицетами и микромицетами были обнаружены через 48 часов культивирования на уровне первого разведения (нефтезагрязненный сток), тогда как для проб, отобранных из промливневой сточной и шахтной воды, уровень разведения был выше 3-го.

5) данные по микробиологической обсемененности достоверно отражают состояние исследуемых сточных вод различной техногенной природы.

Список литературы

1. ГОСТ 17.1.5.05-85 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков.
2. ГОСТ 18963-73. Вода питьевая. Методы санитарно-бактериологического анализа.
3. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб. Межгосударственный стандарт.
4. МУК 4.2.1018-01. Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды.
5. Лакин Г.Ф. Биометрия. М., Высшая школа. 1990. – 349 с.
6. Практикум по микробиологии: Учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.И. Нетрусов, М.А. Егорова, Л.М. Захарчук и др.; Под ред. А.И. Нетрусова. Издательский центр "Академия" Москва, 2005. – 608 с.
7. Спесивцева Н. А. Микозы и микотоксикозы. М. Колос, 1964. - с.492.
8. 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 «КазННТУ имени К.И. Сатпаева», г. Алматы;

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