

УДК 574.628.25

Дж. Кутлиев\*, М.И. Мавлянова, А.А. Уринова, М.Р. Шарифов.

Институт микробиологии Академии Наук Республики Узбекистан, Узбекистан, г. Ташкент

\* e-mail: kutliyev@rambler.ru

**Биотехнология очистки сточных вод**

Предлагается биотехнология очистки сточных вод Мубарекского газоперерабатывающего завода с помощью активных штаммов бактерий-деструкторов углеводов и высших водных растений (ВВР), корневая система которых является естественным иммобилизатором микроорганизмов, что увеличивает их численность и тем самым ускоряет процесс очистки.

**Ключевые слова:** биотехнология, сточные воды, бактерии-деструкторы, высшая водная растительность.

Dj. Kutliyev, M.I. Mavlyanova, A.A. Urinova, M.R. Sharifov

**Biotechnology sewage treatment**

The sewage of Mubaretsky gas-processing plant cleared in biological ponds with use of microorganisms and the highest water plants, is optimum way of a solution of the problem of destruction of various pollutants. This technology is characterized by profitability, high efficiency and ecological safety.

**Key words:** biotechnology, sewage, bacteria-destructors, higher aquatic vegetation.

Проблема очистки сточных вод нефтегазо-перерабатывающих предприятий остаётся одной из сложных и актуальных в системе охраны окружающей среды. Сложившаяся экологическая обстановка и состояние природоохранной деятельности в Узбекистане диктует необходимость разработки и принятия эффективных мер по рациональному природопользованию и охране окружающей среды [1]. В настоящее время требования по охране окружающей среды ставят перед нефтегазоперерабатывающей отраслью вопрос сведения до минимума очистку сточных вод, увеличение оборотной воды, создание малоотходной технологии.

Самыми устойчивыми к различным загрязнениям являются бактерии, способные интенсифицировать самоочищение в активных илах и биоплёнках очистных сооружений [2,3].

**Цель работы:** определить роль микроорганизмов и высших водных растений (ВВР) в очистке сточных вод газоперерабатывающего предприятия.

**Объекты и методы исследований:** материалом для исследования являлись сточные воды Мубарекского газоперерабатывающего завода

(МГПЗ). Для количественного определения бактерий использовали метод десятикратных разведений, с последующим высевом на селективные среды [4].

В производственных условиях использовали систему биопрудов соединённых последовательно. В первичные пруды вносился консорциум микроорганизмов деструкторов, состоящих из бактерий родов *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhodococcus*. В качестве растений использованы пистия телоризовидная (*Pistia stratiotes* L) и эйхорния отличная (*Eichornia crassipes* Solms).

**Результаты исследований:** Нефть, газ и продукты их переработки признаны главными загрязнителями окружающей среды. Наиболее перспективным способом очистки от углеводов является биодegradация с помощью активных форм микроорганизмов, интродуцированных в загрязнённую среду [5,6,7].

Микробиологическое обследование стоков МГПЗ выявило развитие различных физиологических групп, среди которых преобладали гетеротрофные микроорганизмы: количество аммонификаторов достигало до  $10^5$  кл/мл, дени-

трификаторов до  $10^3$ - $10^4$  кл/мл, углеводородокисляющих бактерий –  $10^2$  кл/мл, мицелиальных грибов –  $10^2$  кл/мл. Из этих бактерий выделены активные местные штаммы-деструкторы, использующие в качестве единственного источника углерода нефть и нефтепродукты (газоконденсат, соляровое масло).

Впервые в условиях жаркого климата Узбекистана получены местные штаммы бактерий-деструкторов растущих как при низких ( $+10$ - $12^\circ\text{C}$ ), так и высоких ( $42$ - $45^\circ\text{C}$ ) температурах. Они способны использовать, как единственный источник углерода и энергии, такие загрязнители как нефть, газоконденсат, фенол и другие нефтепродукты. Оказалось, что в очистке сточных вод и особенно полей фильтрации могут принимать участие мицелиальные грибы родов *Aspergillus* и *Cladosporium*.

Микроорганизмы адаптированы к высоким концентрациям нефти (до 3 об%). В лабораторных условиях в модельном опыте на реальном цеховом стоке с pH 8,2 определена кинетика биодеструкции нефтепродуктов консорциумом из 5 штаммов бактерий, родов *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhodococcus*, обладающих высокой алкалофильностью.

Интродуцированные микроорганизмы способны развиваться в сточных водах гезоперабатывающего завода. Эксперименты, проведенные в марте 2013 года в МГПЗ, показали быструю деградацию этих загрязнителей в течение 10 дней, увеличение количества углеводородокисляющих бактерий до  $10^4$ - $10^5$  кл/мл, факультативно анаэробных форм до  $10^5$  кл/мл. Результаты приведены в рисунке 1.

В серии проточных прудов, первый пруд, принимающий на себя основную массу загрязнений, бывает аэробно-анаэробный. Здесь основным агентом очистки являются бактерии. На глубине и в придонных слоях воды значительную роль играют процессы метанового брожения и восстановления сульфатов. Водоросли, микрофауна отсутствуют. Глубина первого пруда на МГПЗ достигает 2 метров. Процессы окисления идут в присутствии избытка органических веществ и недостатка кислорода. Из бактерий преобладают роды *Pseudomonas*, *Bacillus*.

Для активизации процессов очистки в первый и второй пруды вносилась биомасса бактерий-деструкторов, выращенных в лабораторных условиях на среде Раймонда при температуре

$26$ - $30^\circ\text{C}$ , плотность которых составляла  $2 \times 10^9$  кл/мл, использующих загрязнители как источник питания. Ассоциация бактерий состояла из 5 штаммов бактерий родов *Pseudomonas* и *Bacillus*.

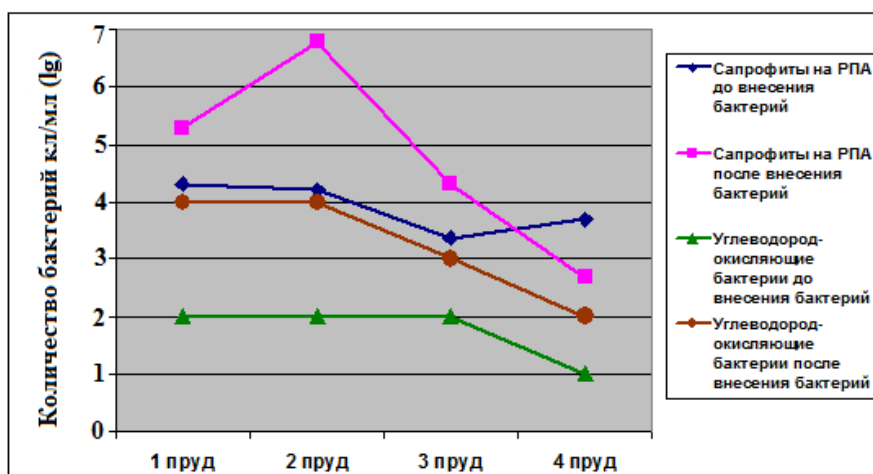
Внесение бактерий в биопруды ранней весной показало изменение химического состава стоков в биопрудах МГПЗ.

За счёт снижения токсичности стоков под влиянием бактерий, в третьем пруду появилась возможность выращивать ВВР, корневая система которых является естественным иммобилизатором микроорганизмов, которые в процессе фотосинтеза обогащают воду кислородом. Биоценоз этих прудов разнообразен и состоит из бактерий, водорослей и микрофауны. Органические вещества под действием сапрофитов и аммонификаторов разлагаются с образованием аммиачного азота, окисляющегося в процессе нитрификации до нитритов и нитратов. Все нитраты – растворимые соли, и вместе с током жидкости поступают в нижние горизонты воды, где господствуют анаэробные условия. Кислород нитратов используется денитрифицирующими бактериями, на окисление оставшихся в жидкости органических соединений. Уменьшение легкодоступных органических веществ приводит к снижению количества микроорганизмов в четвёртом пруду.

Роль макрофитов в очищении сточных вод велика и многообразна. В процессе фотосинтеза происходит обогащение воды кислородом. Ряд авторов [3,6,7] объясняет, что разрушение органических и минеральных веществ макрофитами происходит под действием микрофлоры и микрофауны, обильно развивающейся на растениях. При микроскопировании корневой системы пистии телоризовидной выявлены бактерии, относящиеся к родам *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhodococcus*, а также простейшие (в основном жгутиконосцы и инфузории).

На стоках МГПЗ макрофиты развиваются с мая и до низких зимних температур. Понижение температуры воды днём до  $+1^\circ\text{C}$  не оказывает существенного влияния на развитие растений, так как температура стоков постоянно  $24^\circ\text{C}$ . На биопрудах макрофиты образовывали плотную цветущую массу. Наилучший рост показала эйхорния отличная (рисунок 2).

Механизм предлагаемой технологии заключается в окислении поступающих со сточными



Риснок 1 – Количество бактерий в стоках МГПЗ (март, 2013 г.)

Таблица 1 – Химический анализ сточных вод биопрудов МГПЗ после внесения бактерий (март, 2013 г.)

№	Номер пруда	ХПК (мгО <sub>2</sub> /л)	БПК <sub>5</sub> (мгО <sub>2</sub> /л)	С <sub>орган</sub> (мгС/л)	Нефтепродукты (мг/л)	Фенол (мг/л)
1	Первый	919,12	210,14	344,67	0,140	0,0089
2	Второй	348,30	87,95	130,61	0,067	0,0050
3	Третий	328,95	83,56	123,36	0,060	0,0033
4	Четвёртый	316,05	75,20	118,52	0,037	0,0016



Рисунок 2 – Рост макрофитов на биопрудах МГПЗ

Таблица 2 – Изменение химического состава стоков МГПЗ под влиянием растений (июль, 2013 г.)

	Химические вещества и показатели качества воды	Поступающий сток	Выходящий сток
1	БПК <sub>5</sub>	76,50 мгО <sub>2</sub> /л	8,15 мгО <sub>2</sub> /л
2	ХПК	690,56 мгО <sub>2</sub> /л	17,14 мгО <sub>2</sub> /л
3	Окисляемость	28,50 мгО <sub>2</sub> /л	5,40 мгО <sub>2</sub> /л
4	Растворимый О <sub>2</sub>	отсутствует	3,20 мгО <sub>2</sub> /л
5	Нефтепродукты	0,50 мг/л	0,007 мг/л
6	С <sub>органический</sub>	258,96 мгС/л	6,40 мгС/л

водами органических веществ микроорганизмами ризосферы ВВР, которая сорбирует минерализованные биогенные элементы, а также соли хлора, натрия, калия, магния и тяжёлые металлы.

Указанная технология позволяет без значительных затрат получить очищенную воду, для технических целей предприятия, открывает перспективу создания замкнутой системы водоснабжения, а при выпуске воды в природные водоёмы предотвращает их эвтрофикацию.

Биотехнология используется на МГПЗ более 10 лет. Данные таблицы (2) показывают снижение БПК<sub>5</sub>, ХПК, окисляемости, концентрации нефтепродуктов и соединений сточных вод под влиянием микроорганизмов и ВВР до предельно допустимых норм для технического использования. Огромная биомасса растений, получаемая при выращивании на сточных водах МГПЗ, практически не используется. В отдельных случаях, после термической обработки сухая масса макрофитов добавляется в корм скоту.

### Литература

- Алиханов Б.Б. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и использование природных ресурсов в Республике Узбекистан (1988-2007). Ташкент. 2007 г. 98 стр.
- Кутлиев Дж., Мавлянова М.И., Уринова А.А., Шарифов М.Р. Экологически чистая биотехнология переработки отходов промышленно-бытовых сточных вод и их использование. Труды института микробиологии Национальной Академии Наук Азербайджана. 2013 г., том 11, № 1., стр. 413-415.
- Исаева А.У., Жоудасова А.Н., Влияние растений – интродуцента на качество воды. Вестник КазНУ. Секция биология. №2 (48), часть 2. Алматы, 2011 г. стр.120-121.
- Практикум по микробиологии: Учебное пособие для студ.высш.учеб.заведений / под ред.А.И.Нетрусова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. -608 с.
- Жамангара А.К., Науризова А.А., Текебаева Ж.Б., Канаев Д.Б., Муканова К.Т. Водные макрофиты, как перспективные объекты биотехнологии. Вестник КазНУ. Секция биология. №2 (48), часть 2. Алматы, 2011 г. стр.51-54.
- Кобызева Н.В., Гатауллин А.Г., Силищев Н.Н., Логинов О.Н. Разработка технологии очистки сточной воды с использованием иммобилизованной микрофлоры. Вестник ОГУ, №1/январь, 2009 г., стр.104-107.
- Жубанова А.А., Джусупова Д.Б., Нуржаев С.Д., Нуржалова Г. Биоремедиация, как перспективное направление использования биотехнологических методов для охраны окружающей среды. Вестник КазНУ. Секция биология. №2 (48), часть 2. Алматы, 2011 г. стр.95-98.

### Reference

1. Alihanov B.B. Natsionalniy doklad o sostoyanii okruzhayushey sredy i ispolzovanie prirodnyih resursov v Respublike Uzbekistan (1988-2007). Tashkent. 2007 g. 98 str.
2. Kutliev Dz., Mavlyanova M.I., Urinova A.A., Sharifov M.R. Ekologicheski chistaya biotekhnologiya pererabotki othodov promyshlenno-bytovyih stochnyih vod i ih ispolzovanie. Trudy instituta mikrobiologii Natsionalnoy Akademii Nauk Azerbaydzhana. 2013 g., tom 11, # 1., str. 413-415.
3. Isaeva A.U., Zhoudasova A.N., Vliyanie rasteniy – introdutsenta na kachestvo vodyi. Vestnik KazNU. Sektsiya biologiya. #2 (48), chast 2. Almatyi, 2011 g. str.120-121.
4. Praktikum po mikrobiologii: Uchebnoe posobie dlya stud.vyissh.ucheb.zavedeniy / pod red.A.I.Netrusova. – M.: Izdatelskiy tsentr «Akademiya», 2005. -608 s.
5. Zhamangara A.K., Naurizova A.A., Tekebaeva Zh.B., Kanaev D.B., Mukanova K.T. Vodnyie makrofiti, kak perspektivnyie ob'ekty biotekhnologii. Vestnik KazNU. Sektsiya biologiya. #2 (48), chast 2. Almatyi, 2011 g. str.51-54.
6. Kobyzeva N.V., Gataullin A.G., Silishev N.N., Loginov O.N. Razrabotka tehnologii ochistki stochnoy vodyi s ispolzovaniem immobilizovannoy mikrofloryi. Vestnik OGU, #1/yanvar, 2009 g., str.104-107.
7. Zhubanova A.A., Dzhusupova D.B., Nurzhaev S.D., Nurzhalova G. Bioremediatsiya, kak perspektivnoe napravlenie ispolzovaniya biotekhnologicheskikh metodov dlya ohrany okruzhayushey sredy. Vestnik KazNU. Sektsiya biologiya. #2 (48), chast 2. Almatyi, 2011 g. str.95-98.