

С.А. АЙТКЕЛЬДИЕВА, Э.Р. ФАЙЗУЛИНА, О.Н. АУЭЗОВА, Л.Г. ТАТАРКИНА,
Г.А. СПАНКУЛОВА, А.К. САДАНОВ

РГП «Институт микробиологии и вирусологии» КН МОН РК, г. Алматы

АКТИВНЫЕ АССОЦИАЦИИ НЕФТЕОКИСЛЯЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУМКОЛЬ

Аннотация

Проведена работа по созданию эффективных ассоциаций нефтеокисляющих микроорганизмов из вновь выделенных и коллекционных штаммов. Изучена их биосовместимость. Показано, что как вновь выделенные, так и коллекционные штаммы нефтеокисляющих микроорганизмов взаимно толерантны друг к другу. В результате проведенных исследований подобраны активные ассоциации нефтеокисляющих микроорганизмов, которые деградировали свыше 60% и 50% нефти при ее содержании в среде 5% и 7%, соответственно.

Ключевые слова: нефть, нефтеокисляющие микроорганизмы, ассоциация, деструкция, биоремедиация

Нефть является энергосырьевой основой современной цивилизации. В настоящее время общая площадь действующих и перспективных нефтегазоносных районов Республики Казахстан занимает более 60% всей территории страны. На сегодняшний день являются действующими более 200 нефтегазовых месторождений, находящихся на территории Актюбинской, Атырауской, Западно-Казахстанской, Кызылординской и Мангистауской областей.

Однако рост добычи нефти сопровождается увеличением нагрузок на природные среды. Несовершенство технологий добычи, транспортировки, переработки и хранения приводит к ее значительным потерям, которые достигают 50 млн. т/год, то есть 2% от общей добычи [1]. Нефть, загрязняя почву, поверхностные и грунтовые воды, атмосферу ставит под угрозу здоровье сотен тысяч людей, непосредственно проживающих в зонах загрязнения [2]. В этой связи нефть и нефтепродукты относятся к приоритетным загрязнителям биосферы.

Нефтяное загрязнение приводит к необратимым изменениям биологического равновесия и разнообразия. В результате разливов нефти почвы могут превращаться в типичные техногенные пустыни, в которых практически полностью подавлена жизнедеятельность биоты. Хронические разливы нефти приводят к быстрой и полной деградации ландшафтов [3].

В связи с этим, проблемы, связанные с разработкой способов и методов защиты окружающей среды от нефти и нефтепродуктов, в настоящее время являются крайне острыми и актуальными.

Большинство технологий механической и физико-химической очистки многостадийны, трудоемки и требуют больших материальных затрат. В этой связи во многих странах становятся приоритетными биотехнологические методы ликвидации загрязнений окружающей среды.

Использование микроорганизмов для очистки загрязненных природных сред – биоремедиация – является быстро развивающейся областью экологической биотехнологии. Если процесс естественного самовосстановления нефтезагрязненных почв при уровне загрязнения 5000 мг/кг идёт от 2 до 30 лет и выше, то при проведении биоремедиационных мероприятий процесс очистки происходит за 1-2 месяца.

Эффективность этих методов может быть значительно повышена путем изменения соответствующих физико-химических условий среды и внесением ассоциаций специально подобранных штаммов микроорганизмов, обладающих выраженными углеводородоокисляющими свойствами.

По литературным данным [4] известно, что у углеводородокисляющих микроорганизмов различной таксономической принадлежности поступление углеводов нефти в клетку происходит разными способами. Подвижные псевдомонады активно потребляют углеводороды с помощью определенных ферментов, а представители родов *Dietzia*, *Arthrobacter*, *Rhodococcus* поглощают нефть через каналы клеточной стенки, которые заполнены миколовыми кислотами. Кроме того, различные виды бактерий по-разному относятся к углеводородам нефти. Так, псевдомонады лучше всего усваивают ароматическую фракцию нефти, а коринеподобные бактерии – парафиновую и нафтеновую [5].

Целью работы являлось создание ассоциаций нефтеокисляющих микроорганизмов, способных эффективно утилизировать нефть месторождения Кумколь.

Материалы и методы

Объектами исследований служили активные штаммы нефтеокисляющих бактерий, выделенные из загрязненных нефтью почв Кызылординской области, коллекционные штаммы нефтеокисляющих бактерий и их ассоциации. Сырая нефть месторождения Кумколь Кызылординской области плотностью 0,853 г/см³.

Для изучения взаимоотношений нефтеокисляющих микроорганизмов использовали метод перпендикулярных штрихов на среде МПА [6].

Для изучения нефтеокисляющей активности созданных ассоциаций нефтеокисляющих микроорганизмов использовали среду Ворошиловой-Диановой (ВД). В качестве единственного источника углерода в среду вносили нефть (3,5,7%). Культивирование микроорганизмов проводили в колбах Эрленмейера, содержащих 100 мл среды, на круговой качалке (180 об./мин.) при 28°C в течение 14 суток. Количественное определение остаточного содержания нефтепродуктов в среде проводили газохроматографическим методом в Центре физико-химических методов анализа.

Результаты и обсуждение

С целью создания препаратов, перспективных для биоремедиации загрязненных почв Кызылординской области, проведен подбор штаммов-партнеров для получения устойчивых и продуктивных ассоциаций нефтеокисляющих микроорганизмов. Для подбора штаммов исследовали наличие или отсутствие антагонизма между культурами, характеризующимися повышенной нефтедеструктивной активностью. С этой целью изучены взаимоотношения между новыми и коллекционными штаммами бактерий методом перпендикулярных штрихов (рисунок 1).

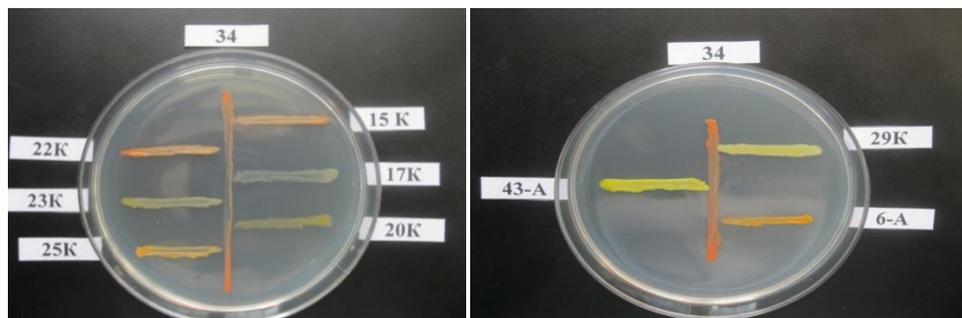


Рисунок 1– Посевы нефтеокисляющих культур на совместимость методом перпендикулярных штрихов

Результаты исследования показали, что как вновь выделенные, так и коллекционные штаммы нефтеокисляющих микроорганизмов взаимно толерантны друг к другу.

Проведен подбор комбинаций штаммов нефтеокисляющих микроорганизмов для создания эффективных нефтеокисляющих ассоциаций из вновь выделенных и

коллекционных штаммов. Было составлено 24 ассоциации, состоящие из 2, 3 и 4 культур. Изучена их активность при росте на минеральной среде с нефтью месторождения Кумколь в количестве 3% по объему. Результаты исследования показали, что степень деструкции нефти ассоциациями из вновь выделенных бактерий составила 46,8-77,3% (таблица 1).

Таблица 1 – Утилизация 3% нефти м. Кумколь ассоциациями нефтеокисляющих микроорганизмов

Ассоциации из новых культур	Степень утилизации, %	Ассоциации из новых и коллекционных культур	Степень утилизации, %
15К+17К+29К	48,7	17К+29К+6А	52,2
15К+20К+29К	50,3	17К+20К+43А	60,5
22К+23К+25К	51,2	23К+29К+34	77,0
17К+25К+29К	49,6	29К+65+43А	56,4
23К+25К+29К	50,9	20К+22К+43А	81,7
20К+22К	55,3	15К+17К+34	50,5
15К+29К	46,8	22К+29К+34	51,3
17К+29К	53,6	23К+29К+6А+34	50,7
22К+23К	77,3	25К+29К+6А+34	54,4
23К+25К	76,8	17К+29К+6А+43А	60,1
15К+17К+20К+22К	65,4	17К+20К+6А+34	53,9
17К+22К+25К+29К	52,4	17К+20К+29К+43А	58,8
контроль	21,2		

Наиболее активными были ассоциации, состоящие из двух штаммов, утилизация нефти которыми превышала 54%. В одну ассоциацию с высокой активностью (65,4%) входило четыре штамма.

При совместном культивировании новых и коллекционных культур деструкция нефти составляла 50,5-81,7%. Самыми активными были ассоциации, в состав которых входили штаммы *Pseudomonas azotifigens* 20К, *Dietzia schimae* 22К и *Arthrobacter luteus* 43А и *Pseudomonas azotifigens* 23К, *Microbacterium foliorum* 29К, *Micrococcus roseus* 34, при культивировании которых содержание нефти в среде уменьшалось на 81,7% и 77% соответственно.

В результате подбора ассоциаций нефтеокисляющих микроорганизмов выявлено пять наиболее эффективных консорциумов из вновь выделенных культур и пять ассоциаций из этих же культур совместно с коллекционными штаммами. Было целесообразным исследовать их деструкционную активность при более высокой концентрации нефти в среде. Ассоциации культивировали на минеральной среде ВД с 5 и 7% нефти (таблицы 2, 3).

Таблица 2 – Утилизация 5% нефти м. Кумколь ассоциациями вновь выделенных культур

Ассоциация	Степень утилизации нефти, %	
	5%	7%
<i>Dietzia schimae</i> 22К + <i>Pseudomonas azotifigens</i> 23К	62,6	47,0
<i>Pseudomonas azotifigens</i> 20К + <i>Dietzia schimae</i> 22К	49,7	39,9
<i>Pseudomonas xanhtomarina</i> 17К + <i>Microbacterium foliorum</i> 29К	45,5	37,7
<i>Pseudomonas azotifigens</i> 23К + <i>Gordonia alkanivorans</i> 25К	75,1	57,5
<i>Gordonia lacuna</i> 15К + <i>Pseudomonas xanhtomarina</i> 17К + <i>Pseudomonas azotifigens</i> 20К + <i>Dietzia schimae</i> 22К	60,5	47,3
Контроль	20,8	19,4

Из данных таблицы 2 видно, что наибольшую активность проявила ассоциация *Pseudomonas azotifigens* 23К + *Gordonia alkanivorans* 25К как при 5%-ном, так и 7%-ном содержании нефти в среде. Наименее активными были ассоциации *Pseudomonas azotifigens* 20К + *Dietzia schimae* 22К и *Pseudomonas xanhtomarina* 17К + *Microbacterium*

foliorum 29К, которые утилизировали менее 50% нефти при 5%-ном содержании и менее 40% при 7%-ном содержании.

На следующем этапе были изучены ассоциации, состоящие из вновь выделенных и коллекционных штаммов (таблица 3).

Таблица 3 – Утилизация 7% нефти м. Кумколь ассоциациями вновь выделенных и коллекционных культур

Ассоциация	Степень утилизации нефти, %	
	5%	7%
<i>Pseudomonas azotifigens</i> 20К + <i>Dietzia schimae</i> 22К + <i>Arthrobacter luteus</i> 43-А	80,5	72,8
<i>Pseudomonas azotifigens</i> 23К + <i>Microbacterium foliorum</i> 29К + <i>Micrococcus roseus</i> 34	66,1	58,7
<i>Pseudomonas xanhtomarina</i> 17К + <i>Pseudomonas azotifigens</i> 20К + <i>Arthrobacter luteus</i> 43-А	53,5	43,2
<i>Pseudomonas xanhtomarina</i> 17К + <i>Microbacterium foliorum</i> 29К + <i>Micrococcus roseus</i> 6А + <i>Arthrobacter luteus</i> 43-А	53,2	40,5
<i>Pseudomonas xanhtomarina</i> 17К + <i>Pseudomonas azotifigens</i> 20К + <i>Microbacterium foliorum</i> 29К + <i>Arthrobacter luteus</i> 43-А	52,8	44,1
Контроль	20,8	19,4

Результаты показали, что при 5%-ном содержании деструкция нефти составила 52,8-80,5%, а при 7%-ном – 40,5-72,8%. Самыми эффективными были ассоциации *Pseudomonas azotifigens* 20К + *Dietzia schimae* 22К + *Arthrobacter luteus* 43-А и *Pseudomonas azotifigens* 23К + *Microbacterium foliorum* 29К + *Micrococcus roseus* 34.

Таким образом, в результате проведенных исследований подобраны активные ассоциации нефтеокисляющих микроорганизмов, которые потребляли свыше 60% и 50% нефти при ее содержании в среде 5% и 7%, соответственно.

Литература:

1 Середа Т.Г. Биологические методы очистки водоемов от нефти // Новые технологии для очистки нефтезагрязнённых вод, почв, переработки и утилизации нефтешламов: тез.докл. междунар. конф. – Москва. - 2001. – С. 12-13.

2 Исмаилов Н.М. Ремедиация нефтезагрязненных почво-грунтов и буровых шламов – Баку: Элм, 2006. – 144 с.

3 Amadi A., Dickson A.A., Maate G.O., Remediation of oil polluted soils. Organic and inorganic nutrient supplements on the performance of Maize // Water, Air and Soil Pollut. – 1993. – Vol. 66, №1-2. – P. 59-76.

4 Коронелли Т.В. Микробиологическая деградация углеводородов и ее экологические последствия // Биологические науки. – 1982. – №3. – С. 20-25.

5 Коронелли Т.В., Дермичева С.Г., Семененко М.Н. Родококки как природный сорбент углеводородов // Микробиология. – 1986. – Т. 55, №4. – С. 683-686.

6 Егоров Н.С. Микробы антагонисты и биологические методы определения антибиотической активности – М.: Высшая школа, 1965. – 176 с.

Түйін

С.А. АЙТКЕЛЬДИЕВА, Э.Р. ФАЙЗУЛИНА, О.Н. АУЭЗОВА, Л.Г. ТАТАРКИНА, Г.А. СПАНКУЛОВА, А.К. САДАНОВ

ҚР БҒМ ҒК «Микробиология және вирусология институты» РМК, Алматы қ.

ҚҰМКӨЛДІҢ ЛАСТАНҒАН ТОПЫРАҒЫНАН БӨЛІНІП АЛЫНҒАН МҰНАЙТОТЫҚТЫРҒЫШ МИКРООРГАНИЗМДЕРДІҢ БЕЛСЕНДІ АССОЦИАЦИЯЛАРЫ

Қайта бөлініп алынған мұнайтотықтырғыш микроорганизмдер мен коллекциялық штаммдардың тиімді ассоциацияларын құру бойынша жұмыс жүргізілді. Олардың биобірлестіктері анықталды. Қайта бөлініп алынған мұнайтотықтырғыш микроорганизмдер мен сондай-ақ, коллекциялық штаммдардың бір-бірімен өзара толерантты екендігі көрсетілді. Зерттеу жүргізілген жұмыстың нәтижесінде 5% пен 7% ортаға сәйкес келетін 50% және 60% жоғары мұнайды деградациялайтын мұнайтотықтырғыш микроорганизмдердің белсенді ассоциациялары таңдалып алынды.

Кілт сөздері: мұнай, мұнайтотықтырғыш микроорганизмдер, ассоциация, деструкция, биоремедиация.

S.A. AITKELDIYEVA, E.R. FAIZULINA, O.N. AUEZOVA, L.G. TATARKINA, G.A. SPANKULOVA, A.K. SADANOV

SNE “Institute of microbiology and virology” KS MES RK, Almaty, Kazakhstan

ACTIVE ASSOCIATIONS OF OIL-OXIDIZING MICROORGANISMS ISOLATED FROM CONTAMINATED SOILS OF THE KUMKOL FIELD

Summary

Work on the creation of effective associations of oil-oxidizing microorganisms from the newly isolated and collection strains were carried out. Their biocompatibility was studied. It was shown that both the newly isolated and collection strains of oil-oxidizing microorganisms are mutually tolerant to each other. As a result of the studies, the active associations of oil-oxidizing microorganisms were selected, which degraded more than 60% and 50% of oil under its content in the atmosphere of 5% and 7%, respectively.

Key words: oil, oil-oxidizing microorganisms, association, destruction, bioremediation

Oil is the energy and raw-material base of modern civilization. Currently, the total area of existing and future oil and gas areas of the Republic of Kazakhstan occupies more than 60% of the territory of the country. To date, there are more than 200 operating oil and gas fields located in the Aktobe, Atyrau, West Kazakhstan, Kyzylorda, and Mangistau regions.

However, the increase in oil production is accompanied by load increment on the natural environment. Imperfection of processes for oil recovery, transportation, processing and storage results in its significant losses, which amount to 50 million tons/year, that is 2% of the total production [1]. Oil, contaminating soil, surface and ground water, and atmosphere, endangers the health of hundreds of thousands of people directly living in polluted areas [2]. In this context, oil and oil products are the priority pollutants of the biosphere.

Oil pollution leads to irreversible changes of the biological balance and diversity. As a result of oil spills, soils could be converted into typical man-made deserts, in which vital activity of biota is almost completely suppressed. Chronic oil spills result in rapid and complete degradation of the landscapes [3].

In this regard, the problems associated with the development of techniques and methods to protect the environment from oil and oil products, at the present time are extremely acute and relevant.

Most of the technologies for mechanical and physicochemical purification are multistage, labour-consuming and require large material inputs. In this regard, in many countries the biotechnological methods to eliminate environmental pollution are a priority.

The use of microorganisms to clean up the contaminated natural environment - bioremediation - is a rapidly growing field of environmental biotechnology. If the process of natural self-restoration of oil-contaminated soils at the level of pollution of 5,000 mg/kg lasts from 2 to 30 years and above, but when carrying out the bioremediation measures, the purification process takes place within 1-2 months.

Effectiveness of these methods could be significantly improved by modifying the physico-chemical conditions of the medium and introducing associations of specially selected strains of microorganisms having pronounced hydrocarbon-oxidizing properties.

According to the literature data [4], it is known that hydrocarbon-oxidizing microorganisms of belonging to different taxonomic groups, the delivery of petroleum hydrocarbons into the cell occurs in different ways. Motile pseudomonades actively consume hydrocarbons by means of certain enzymes, and members of the genera *Dietzia*, *Arthrobacter*, *Rhodococcus* absorb oil through channels in the cell walls, which are filled with mycolic acids. Furthermore, various types of different bacteria in different ways treat the oil hydrocarbons. Thus, pseudomonades best of all assimilate aromatic oil fraction, and coryneform bacteria - wax and naphthenic fractions [5].

The aim of the study was to develop associations of oil-oxidizing microorganisms that can effectively utilize oil.

Materials and methods

The subjects of the study were active strains of oil-oxidizing bacteria isolated from oil-contaminated soils in the Kyzylorda region, collection strains of oil-oxidizing bacteria and their associations; crude oil of the Kumkol field in the Kyzylorda region with density of 0,853 g/cm³.

To study the mutual relations between oil-oxidizing microorganisms the perpendicular streak method was used on the beef-extract agar [6].

To study the oil-oxidizing activity of created associations of oil-oxidizing microorganisms, the Voroshilova Dianova (VD) medium was used. As the only carbon source, oil was added to the medium (3,5,7%). Culturing of microorganisms was carried out in Erlenmeyer flasks containing 100 ml of medium on a rotary shaker (180 rpm) at 28 °C for 14 days. Quantitative determination of residual oil content in the medium was carried out by gas chromatography in the Center for physico-chemical methods of analysis.

Results and discussion

In order to develop preparations which are promising for bioremediation of contaminated soils in the Kyzylorda region, the selection of strains-partners to prepare the sustainable and productive associations of oil-oxidizing microorganisms was carried out. To select strains, the presence or absence of antagonism between cultures, characterized by increased oil-destructive activity, was examined using the *perpendicular streak method*. For this purpose, the mutual relations between the new and collection strains of bacteria were studied (figure 1).

The study results showed that both newly isolated and collection strains of oil-oxidizing microorganisms were mutually tolerant towards each other.

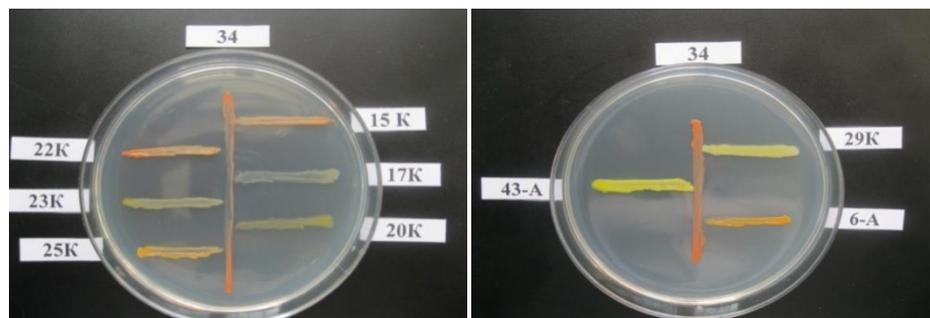


Figure 1 – Crops of oil-oxidizing cultures to study the mutual relations by perpendicular streak method

Selection of the strain combinations of oil-oxidizing microorganisms (OOM) was carried out to create effective oil-oxidizing associations of newly isolated and collection strains. 24 associations were composed consisting of 2, 3 or 4 cultures. Their activity was studied under the growth on the mineral medium with oil from the Kumkol field in an amount of 3 % by volume. The results showed that the degree of oil destruction by associations of newly isolated bacteria was 46,8-77,3 % (Table 1).

Table 1 – Utilization of 3% oil of Kumkol deposit by associations of oil-oxidizing microorganisms

Associations from new cultures	Utilization degree, %	Associations from new and collection cultures	Utilization degree, %
15K+17K+29K	48,7	17K+29K+6A	52,2
15K+20K+29K	50,3	17K+20K+43A	60,5
22K+23K+25K	51,2	23K+29K+34	77,0
17K+25K+29K	49,6	29K+65+43A	56,4
23K+25K+29K	50,9	20K+22K+43A	81,7
20K+22K	55,3	15K+17K+34	50,5
15K+29K	46,8	22K+29K+34	51,3
17K+29K	53,6	23K+29K+6A+34	50,7
22K+23K	77,3	25K+29K+6A+34	54,4
23K+25K	76,8	17K+29K+6A+43A	60,1
15K+17K+20K+22K	65,4	17K+20K+6A+34	53,9
17K+22K+25K+29K	52,4	17K+20K+29K+43A	58,8
Control	21,2		

The most active were associations, consisting of two strains, the oil utilization by which exceeded 54%. One association with high activity (65,4%) consisted of four strains.

Under the combined cultivation of new and collection cultures, the oil destruction was 50,5-81,7 %. The most active were associations, which included strains of *Pseudomonas azotifigens* 20K, *Dietzia schimae* 22K and 43A *Arthrobacter luteus* and *Pseudomonas azotifigens* 23K, *Microbacterium foliorum* 29K, *Micrococcus roseus* 34, when cultured which the oil content in the medium was decreased by 81,7 % and 77 % respectively.

As a result of the selection of associations of oxidizing microorganisms, five most effective consortia from newly isolated cultures and five associations of these same cultures together with the collection strains were identified. It was desirable to investigate their destructive activity at higher concentration of oil in the environment. The associations were cultured on the mineral VD medium with 5 and 7 % of oil (Tables 2-3).

Table 2 – Utilization of 5% oil of Kumkol deposit by associations of new cultures

Association	Utilization degree, %	
	5%	7%
<i>Dietzia schimae</i> 22K + <i>Pseudomonas azotifigens</i> 23K	62,6	47,0
<i>Pseudomonas azotifigens</i> 20K + <i>Dietzia schimae</i> 22K	49,7	39,9
<i>Pseudomonas xanhtomarina</i> 17K + <i>Microbacterium foliorum</i> 29K	45,5	37,7
<i>Pseudomonas azotifigens</i> 23K + <i>Gordonia alkanivorans</i> 25K	75,1	57,5
<i>Gordonia lacuna</i> 15K + <i>Pseudomonas xanhtomarina</i> 17K + <i>Pseudomonas azotifigens</i> 20K + <i>Dietzia schimae</i> 22K	60,5	47,3
Control	20,8	19,4

The data in Table 2 shows that the most activity was showed by the association *Pseudomonas azotifigens* 23K + *Gordonia alkanivorans* 25K both at 5% and 7% oil content in the medium. The least active were the associations *Pseudomonas azotifigens* 20K + *Dietzia schimae* 22K and 17K *Pseudomonas xanhtomarina* + *Microbacterium foliorum* 29K, which utilized less than 50 % of oil at the 5% content and less than 40% at the 7 % content.

At the next stage, the associations consisting of newly isolated and collection strains were studied (Table 3).

Table 3 – Utilization of 7% oil of Kumkol deposit by associations of new and collection cultures

Association	Utilization degree, %	
	5%	7%
<i>Pseudomonas azotifigens</i> 20K + <i>Dietzia schimae</i> 22K + <i>Arthrobacter luteus</i> 43-A	80,5	72,8
<i>Pseudomonas azotifigens</i> 23K + <i>Microbacterium foliorum</i> 29K + <i>Micrococcus roseus</i> 34	66,1	58,7
<i>Pseudomonas xanhtomarina</i> 17K + <i>Pseudomonas azotifigens</i> 20K + <i>Arthrobacter luteus</i> 43-A	53,5	43,2
<i>Pseudomonas xanhtomarina</i> 17K + <i>Microbacterium foliorum</i> 29K + <i>Micrococcus roseus</i> 6A + <i>Arthrobacter luteus</i> 43-A	53,2	40,5
<i>Pseudomonas xanhtomarina</i> 17K + <i>Pseudomonas azotifigens</i> 20K + <i>Microbacterium foliorum</i> 29K + <i>Arthrobacter luteus</i> 43-A	52,8	44,1
Control	20,8	19,4

The results showed that at the 5% content degradation of oil was 52,8-80,5 %, while at the 7% - 40,5-72,8 %. The most effective associations were *Pseudomonas azotifigens* 20K + *Dietzia schimae* 22K + *Arthrobacter luteus* 43-A and *Pseudomonas azotifigens* 23K + *Microbacterium foliorum* 29K + *Micrococcus roseus* 34.

Therefore, as a result of studies, the associations of oil-oxidizing microorganisms were selected that consume more than 60% and 50% of oil under its content in the environment of 5% and 7%, respectively.

References:

- 1 Середя Т.Г. Биологические методы очистки водоемов от нефти // Новые технологии для очистки нефтезагрязнённых вод, почв, переработки и утилизации нефтешламов: тез.докл. междунар. конф. – Москва, 2001. – С. 12-13.
- 2 Исмаилов Н.М. Ремедиация нефтезагрязненных почво-грунтов и буровых шламов – Баку: Элм, 2006. – 144 с.
- 3 Amadi A., Dickson A.A., Maate G.O., Remediation of oil polluted soils. Organic and inorganic nutrient supplements on the performance of Maize // Water, Air and Soil Pollut. – 1993. – Vol. 66, №1-2. – P. 59-76.
- 4 Коронелли Т.В. Микробиологическая деградация углеводов и ее экологические последствия // Биологические науки. – 1982. – №3. – С. 20-25.
- 5 Коронелли Т.В., Дермичева С.Г., Семенов М.Н. Родококки как природный сорбент углеводов // Микробиология. – 1986. – Т.55, №4. – С. 683-686.
- 6 Егоров Н.С. Микробы антагонисты и биологические методы определения антибиотической активности – М.: Высшая школа, 1965. – 176 с.