

УДК 628.394.4,576.8(26)

М. А. Салманов, А. Г. Талыблы, Г. Ф. Гасанов

БИОДЕСТРУКЦИЯ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА АКВАТОРИИ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Приводятся результаты микробиологического мониторинга акватории эксплуатирующихся нефтяных промыслов. Анализируются условия формирования биоценоза, участвующего в восстановлении естественных характеристик морской среды, загрязненной нефтью и нефтепродуктами. Называются причины, позволяющие прогнозировать численность и потенциальную активность микроорганизмов, участвующих в процессах очистки морской воды от нефтяных загрязнений и легко окисляемых органических веществ.

***Ключевые слова:** микробиологический мониторинг, углеводороды, биоценоз морской воды, нефтяное загрязнение, прогноз активности микроорганизмов, состояние морской среды.*

В последние годы, в связи с интенсивным освоением углеводородных запасов континентального шельфа Каспийского моря, особо остро встала проблема сохранения его экосистемы в районах разрабатываемых и действующих нефтяных месторождений. Государственная нефтяная компания Азербайджана (SOCAR) с начала нового века осуществляет экологический мониторинг состояния морской среды на акватории нефтяных месторождений западного шельфа Южного Каспия. В общий ряд мониторинга входило изучение сезонного распределения микроорганизмов, окисляющих нефтяные углеводороды и простые органические вещества. Эти микроорганизмы широко распространены в загрязненных нефтью и нефтепродуктами биотопах, их массовое развитие является важнейшим показателем биологического отклика на химическое загрязнение водоемов, свидетельством уровня потенциала самоочищения и способности воды к восстановлению естественных характеристик. Изучение этих микроорганизмов в морской воде и в придонной зоне, особенно в районах действующих нефтяных промыслов, представляет особую значимость

Материал и методика исследований. Объектом исследований послужили пробы морской воды и грунта, собранные в весенний и осенний сезоны в соответствии с [3, 4]. Пробы отбирали на определенных станциях, подобранных с учетом максимального охвата исследуемой акватории ряда нефтяных месторождений: Палчыг-Пилпиляси, Нефт-Дашлары, Сангачал-Дуваны-Харя-Зыря, Алят-Даниз, Булла-Даниз, Гарби-Апшерон, Гюргян-Даниз, Апшерон-Банкасы. Исследуемая морская акватория характеризуется небольшо-

© М. А. Салманов, А. Г. Талыблы, Г. Ф. Гасанов, 2014

ми глубинами, в пределах 3—20 м. Выявление и учет микроорганизмов осуществляли в соответствии с [2, 11] и общепринятыми методическими руководствами [1, 5, 9].

Результаты исследований и их обсуждение

Анализ результатов многолетнего мониторинга показал отсутствие существенной разницы в численности и распределении микроорганизмов как по отдельным станциям, так и по месторождениям. В связи с этим, для удобства обсуждения, были взяты начальные результаты мониторинга за 2005 г. и за 2011 г., которые сведены в таблицы 1 и 2.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в морской воде и грунте в районе морских месторождений сохраняется стабильно высокая численность исследуемых групп микроорганизмов. В весенний сезон 2005 г. максимальная численность углеводородокисляющих бактерий составляла в грунте $4,5 \cdot 10^2$ — $9,5 \cdot 10^3$ кл/г, в воде — $4,5 \cdot 10$ — $4,5 \cdot 10^2$ кл/мл (см. табл. 1). Численность гетеротрофных бактерий — в грунте $21 \cdot 10^3$ — $23 \cdot 10^5$ кл/г, в воде $41 \cdot 10$ — $21 \cdot 10^3$ кл/мл. Весной 2011 г., численность углеводородокисляющих бактерий составляла в грунте $4,5 \cdot 10^2$ — $7,5 \cdot 10^3$ кл/г, в воде — $4,5 \cdot 10$ — $11,5 \cdot 10$ кл/мл. Численность гетеротрофных бактерий — в грунте $11 \cdot 10^3$ — $13 \cdot 10^4$ кл/г, в воде $11 \cdot 10^2$ — $23 \cdot 10^2$ кл/мл. Осенью указанная закономерность в распределении микроорганизмов сохранялась, но численность микроорганизмов была выше и колебалась в пределах двух порядков (см. табл. 2).

Учитывая, что в исследуемом регионе осенние и весенние температуры нивелируются, повышенную численность микроорганизмов осенью можно объяснить выявлением в осенних образцах микроорганизмов, развившихся в летний сезон. Это подтверждается данными ряда исследователей [8, 10], отмечавших двукратное увеличение численности нефтеокисляющих бактерий в летний сезон (июль — август) в Среднем Каспии, а в водах Северного Каспия их численность могла достигать $3 \cdot 10^7$ кл/мл. Таким образом, высокая активность микроорганизмов в летний период позволяет прогнозировать их повышенную численность и в осенних образцах. Сопоставляя результаты мониторинга за 2005 и 2011 гг. (см. табл. 1, 2), можно заметить нарушение вертикальной стратификации в распределении микроорганизмов, что особенно заметно в осенний период. При этом микроорганизмы, в результате волновых процессов попадают в верхние слои воды из придонной зоны, где их численность всегда выше. (см. табл. 2). Подобное явление обычно отмечается на акватории мелководных участков [6]. Стабильно высокая численность микроорганизмов на акватории исследуемых месторождений свидетельствует о том, что на исследуемом участке моря сложилось микробное сообщество, способное развиваться в условиях нефтяного загрязнения. Примерно равномерное численное распределение этих микроорганизмов на акватории исследованных месторождений подтверждает выводы ряда авторов [7, 13] о том, что численность микроорганизмов, способных к росту на нефти и нефтепродуктах, указывает не на концентрацию, а на наличие нефтяного загрязнения. Сложность в определении корреляции между концентрацией нефтяных углеводородов и численностью нефтеокисляющих бактерий объясняется наличием в морской воде фона природных углеводородов [6].

1. Численность микроорганизмов в акватории морских месторождений нефти в 2005 и 2011 гг. (весенний сезон)

| Годы | Глубина, м | М-р | Наиболее вероятное число клеток (НВЧ) микроорганизмов в образцах грунта и воды (по табл. Мак-Креди) | | | | | |
|------|------------|----------|---|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| | | | нефтеокисляющие | | фенолокисляющие | | гетеротрофные | |
| | | | кЛ/Г | кЛ/мл | кЛ/Г | кЛ/мл | кЛ/Г | кЛ/мл |
| 2005 | 13—28 | П-П | 4,5·10 ³ | 9,5·10 | 7,5·10 ³ | 9,5·10 | 15·10 ⁴ | 13·10 ³ |
| 2011 | | | 9,5·10 ² | 4,5·10 | 9,5·10 ² | 9,5·10 | 35·10 ³ | 23·10 ² |
| 2005 | 19—30 | Н-Д | 7,5·10 ³ | 9,5·10 | 9,5·10 ³ | 9,5·10 | 21·10 ⁴ | 32·10 ³ |
| 2011 | | | 9,5·10 ² | 7,5·10 | 4,5·10 ² | 4,5·10 | 34·10 ³ | 11·10 ² |
| 2005 | 11—16,5 | С.Д.Х.З. | 9,5·10 ² | 4,5·10 ² | 7,5·10 ² | 7,5·10 | 23·10 ⁵ | 21·10 ³ |
| 2011 | | | 4,5·10 ² | 11,5·10 | 9,5·10 ² | 9,5·10 | 13·10 ⁴ | 14·10 ² |
| 2005 | 12,5—14,5 | А-Д | 9,5·10 ² | 4,5·10 | 7,5·10 ² | 7,5·10 | 21·10 ³ | 41·10 |
| 2011 | | | 4,5·10 ² | 7,5·10 | 7,5·10 ² | 4,5·10 | 13·10 ³ | 35·10 |
| 2005 | 20—46,5 | Б-Д | 9,5·10 ² | 9,5·10 | 7,5·10 ² | 7,5·10 | 17·10 ³ | 28·10 |
| 2011 | | | 4,5·10 ² | 9,5·10 | 7,5·10 ² | 7,5·10 | 11·10 ³ | 17·10 |
| 2005 | 10,2—26,5 | Г-А | 4,5·10 ³ | 4,5·10 ² | 4,5·10 ³ | 4,5·10 ² | 13·10 ⁴ | 15·10 ³ |
| 2011 | | | 4,5·10 ² | 4,5·10 | 4,5·10 ² | 4,5·10 | 27·10 ³ | 11·10 ² |
| 2005 | 3,0—5,0 | Г-Д | 4,5·10 ³ | 9,5·10 | 9,5·10 ² | 11,5·10 | 17·10 ⁴ | 21·10 ³ |
| 2011 | | | 7,5·10 ³ | 11,5·10 | 4,5·10 ³ | 4,5·10 ² | 33·10 ³ | 11·10 ² |
| 2005 | 10—21 | А-Б | 4,5·10 ³ | 4,5·10 | 9,5·10 ² | 9,5·10 | 13·10 ⁴ | 31·10 ² |
| 2011 | | | 9,5·10 ² | 11,5·10 | 7,5·10 ² | 7,5·10 | 12·10 ³ | 17·10 ² |

Примечание. Здесь и в табл. 2: М-р — месторождения; П-П — Палчыг-Пильпиляси; Н-Д — Нефт-Дашлары; С.Д.Х.З. — Сангачал-Дуваны-Харя-Зыря; А-Д — Алят-Даниз; Б-Д — Булла-Даниз; Г-А — Гарби-Апшерон; Г-Д — Гюргян-Даниз; А-Б — Апшерон-Банкасы.

Авторы, изучавшие влияние нефтяного загрязнения на биоценоз целинной почвы [12], показали, что под влиянием нефти естественный биоценоз претерпевает существенные изменения. На смену доминирующей сапрофитной микрофлоре в пределах одного года формируется биоценоз, ориентированный на деструкцию нефтяных углеводородов и продуктов их окисления. Результаты проведенного мониторинга показывают, что морская среда аналогично реагирует на нефтяное загрязнение. При этом очевидно, что в поверхностном водном слое, в условиях интенсивной аэрации, формирование специализированного биоценоза может происходить в более короткие сроки.

Заключение

На основании данных проведенного мониторинга можно резюмировать, что в результате непрерывного поступления нефтяного загрязнения на акватории мор-

2. Численность микроорганизмов в акватории морских месторождений нефти в 2005 и 2011 гг. (осенний период)

| Годы | Глубина, м | М-р | Наиболее вероятное число клеток (НВЧ) микроорганизмов в образцах грунта и воды, (по табл. Мак-Креди) | | | | | |
|------|------------|----------|--|---------------------|----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| | | | нефтеокисляющие | | фенолоокисляющие | | гетеротрофные | |
| | | | кЛ/Г | кЛ/мл | кЛ/Г | кЛ/мл | кЛ/Г | кЛ/мл |
| 2005 | 13—28 | П-П | 9,5·10 ⁴ | 9,5·10 ² | 7,5·10 ⁴ | 7,5·10 ² | 31·10 ⁵ | 25·10 ³ |
| 2011 | | | 4,5·10 ³ | 7,5·10 | 9,5·10 ³ | 11,5·10 | 11·10 ⁴ | 15·10 ³ |
| 2005 | 19—30 | Н-Д | 4,5·10 ⁴ | 4,5·10 ² | 11,5·10 ³ | 4,5·10 ² | 11·10 ⁵ | 14·10 ³ |
| 2011 | | | 7,5·10 ³ | 9,5·10 | 7,5·10 ³ | 7,5·10 | 13·10 ⁴ | 15·10 ³ |
| 2005 | 11—16,5 | С.Д.Х.З. | 9,5·10 ³ | 4,5·10 ² | 4,5·10 ⁴ | 4,5·10 ² | 29·10 ⁴ | 12·10 ³ |
| 2011 | | | 4,5·10 ³ | 11,5·10 | 4,5·10 ³ | 7,5·10 | 12·10 ⁴ | 11·10 ² |
| 2005 | 12,5—14,5 | А-Д | 4,5·10 ³ | 9,5·10 | 4,5·10 ³ | 9,5·10 | 12·10 ⁴ | 14·10 ² |
| 2011 | | | 9,5·10 ² | 9,5·10 | 4,5·10 ² | 9,5·10 | 25·10 ³ | 11·10 ² |
| 2005 | 20—46,5 | Б-Д | 4,5·10 ³ | 11,5·10 | 9,5·10 ² | 11,5·10 | 16·10 ⁴ | 17·10 ² |
| 2011 | | | 7,5·10 ² | 9,5·10 | 7,5·10 ² | 9,5·10 | 27·10 ³ | 28·10 |
| 2005 | 10,2—26,5 | Г-А | 9,5·10 ⁴ | 9,5·10 ² | 7,5·10 ⁴ | 4,5·10 ³ | 13·10 ⁵ | 11·10 ⁴ |
| 2011 | | | 7,5·10 ³ | 9,5·10 ² | 9,5·10 ² | 11,5·10 | 11·10 ⁴ | 13·10 ³ |
| 2005 | 3,0—5,0 | Г-Д | 9,5·10 ⁵ | 9,5·10 ² | 7,5·10 ⁵ | 7,5·10 ³ | 35·10 ⁶ | 18·10 ⁵ |
| 2011 | | | 4,5·10 ⁴ | 4,5·10 ² | 11,5·10 ³ | 4,5·10 ² | 19·10 ³ | 13·10 ³ |
| 2005 | 10—21 | А-Б | 7,5·10 ⁴ | 9,5·10 ² | 9,5·10 ³ | 7,5·10 ² | 41·10 ⁵ | 28·10 ³ |
| 2011 | | | 4,5·10 ⁴ | 7,5·10 ² | 9,5·10 ² | 4,5·10 ² | 12·10 ⁴ | 13·10 ³ |

ских месторождений сформировался биоценоз, участвующий в восстановлении естественных характеристик морской среды. Доминирующую роль в этих процессах играют микроорганизмы, окисляющие нефтяные углеводороды и промежуточные продукты их окисления, а также гетеротрофная микрофлора, участвующая в деструкции простых органических веществ.

Численность и активность микроорганизмов на акватории действующих нефтяных промыслов определяются температурным режимом и доступными для их обмена органическими веществами. В настоящее время на акватории морских месторождений западной части Южного Каспия отмечается высокая активность биохимической процессов очистки морской воды от нефтяных загрязнений.

**

На підставі результатів мікробіологічного моніторингу показано, що на акваторії моря в районі нафтових промислів західного шельфу Південного Каспію, які експлуатуються, сформувався і функціонує біоценоз, який бере активну участь у деградації нафтових забруднень. Чисельність та активність мікроорганізмів, які бе-

руют участие у процесса очищения морской воды от загрязнений, характеризуются температурой и наличием доступного субстрата. В настоящее время на участках моря в районе нефтяных промыслов, что дѣлает, поддерживается сбалансированный баланс между количеством загрязнений, что поступают, та ихнейою элиминацией у процессах биохимического окисления.

**

Based on the results of the microbiological monitoring it is showed that at sea, in the region of operating oil fields of the West Shelf of South Caspian sea there the biogenesis was formed and functioning, which is actively participating in the process of degradation of oil pollutions. Quantity and activity of micro-organisms participating in the processes of cleaning of sea water from contamination, are determined by the balance remains in the number of incoming contaminations and in their elimination in the processes of the biochemical oxidation on the section of the sea of the functioning oil fields.

**

1. Большой практикум по микробиологии / Под ред. Г. Л. Селибера. — М., 1962. — 490 с.
2. ГОСТ 18963-73 Вода питьевая. Методы санитарно бактериологического анализа.
3. ГОСТ 17.1.3.08-82 Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества морских вод.
4. ГОСТ 17.1.5. 05-85 Общие требования к отбору поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. — М., 1985. — 26 с.
5. Кузнецов С.И., Дубинина Г.А. Методы изучения водных микроорганизмов. — М.: Наука, 1989. — 286 с.
6. Куликова И.Ю. Микроорганизмы в процессе самоочищения шельфовых вод Северного Каспия от нефтяного загрязнения: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 2004. — 24 с.
7. Миронов О.Г. Нефтеокисляющие микроорганизмы в море. — Киев, 1971. — 234 с.
8. Миронов О.Г. Биологические ресурсы моря и нефтяное загрязнение. — М.: Пищепромиздат, 1972. — 105 с.
9. Руководство к практическим занятием по микробиологии (малый практикум) / Под ред. Н. С. Егорова. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971. — 220 с.
10. Салманов М.А. Микробиологические исследования донных отложений западного побережья Среднего и Южного Каспия. Биология Среднего и Южного Каспия. — М.: Наука, 1968. — С. 28—50.
11. СанПиН 2.1.4.544-96. Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана.
12. Талыбы А.К., Мамедова И.С., Сеидова Г, М., Мамедъяров М.А. Динамика численности почвенных микроорганизмов в условиях нефтяного загрязнения // Тез. докл. Междунар. конф. «Нефтяная геология и углеводородный потенциал Каспийского и Черного морей». — Баку, 2001. — С. 28—34.
13. Цыбань А.В. Морской бактерионейстон: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. — М., 1976. — 52 с.