



Экология микроорганизмов / Ecology of microorganisms

Оригинальная статья / Original article

УДК 628.543.35: 579.22 (262.81)

DOI: 10.18470/1992-1098-2017-4-120-137

## БАКТЕРИАЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА ПЕЛАГИАЛИ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ В 2015-2016 ГГ.

<sup>1</sup>Ольга В. Колотова\*, <sup>1</sup>Ирина В. Соколова, <sup>1</sup>Ирина В. Владимцева,  
<sup>1</sup>Евгения О. Шмелева, <sup>2</sup>Никита Б. Водовский

<sup>1</sup>Волгоградский государственный технический университет,  
Волгоград, Россия, [olgakolotova@mail.ru](mailto:olgakolotova@mail.ru)

<sup>2</sup>Каспийский филиал ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова»  
Российской академии наук, Астрахань, Россия

**Резюме. Цель.** Проведены микробиологические исследования проб воды и донных отложений, отобранных в летние периоды 2015-2016 гг. в акватории Северного Каспия в рамках постпроизводственного мониторинга районов поисково-оценочного бурения. **Методы.** Отбор проб, согласно общепринятым методикам, осуществлялся вблизи четырех водных структур: Ракушечная, Сарматская, Широтная, Хвалынская. В исследуемых образцах воды и донных отложений определены соотношения сапротрофных, нефтеокисляющих, фенолоксиляющих и сульфатредуцирующих бактерий, а также исследована общая численность микроорганизмов. На основе полученных данных произведена оценка качества водной среды за исследуемый период: определены коэффициент Разумова, класс качества и уровень сапробности изученных образцов воды. **Результаты.** Результаты исследований говорят о неоднородном распределении концентраций индикаторных групп микроорганизмов в точках исследуемых структур изученной акватории. Также мониторинг водной среды и донных отложений показал наличие как очень чистых (ксено- и олигосапробных), так и грязных (поли- и гиперсапробных) зон в акватории Северного Каспия. **Выводы.** Динамика изменения численности различных групп микроорганизмов в летние периоды 2015-2016 гг. вблизи нефтяных месторождений свидетельствует об успешности процессов самоочищения водной среды и восстановлении экосистемы исследуемой акватории после антропогенного вмешательства.

**Ключевые слова:** мониторинг, микроорганизмы, Северный Каспий, пелагиаль, донные отложения, численность.

**Формат цитирования:** Колотова О.В., Соколова И.В., Владимцева И.В., Шмелева Е.О., Водовский Н.Б. Бактериальные сообщества пелагиали и донных отложений Северного Каспия в 2015-2016 гг. // Юг России: экология, развитие. 2017. Т.12, N4. С.120-137. DOI: 10.18470/1992-1098-2017-4-120-137

## BACTERIAL COMMUNITY OF PELAGIC ZONE AND SEDIMENTS OF THE NORTH CASPIAN SEA DURING 2015-2016 YEARS

<sup>1</sup>Olga V. Kolotova\*, <sup>1</sup>Irina V. Sokolova, <sup>1</sup>Irina V. Vladimtseva,  
<sup>1</sup>Evgenia O. Shmeleva, <sup>2</sup>Nikita B. Vodovsky

<sup>1</sup>Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia, [olgakolotova@mail.ru](mailto:olgakolotova@mail.ru)

<sup>2</sup>Caspian branch of FSBUE "Institute of Oceanology named after P.P. Shirshov"  
RAS, Astrakhan', Russia

**Abstract. Aim.** Microbial researches of water and sediment samples selected in summer period of 2015-2016 years in the North Caspian Sea water area as post-production monitoring (district of prospecting drilling) was made. **Methods.** Sampling realized according to conventional methods close to four water structures: Rakushechnaya, Sar-matskaya, Shirotnaya, Khvalynskaya. Proportions of saprotrophic, oil – and phenol oxidase and sulfate-reducing microorganisms defined in researched water and sediment samples, the total number of bacteria was also researched. The value given to the quantity of water area for researched period: the coefficient Razumova, quality class and saprobity level of the studied water samples. **Results.** Studies had shown non-uniformly distribution of indicate groups' microorganisms concentrations at the investigated structures' points of the water area. Also the water monitoring had shown existence of very purify (xeno - and oligosaprobic) and dirty (poly - and hypercaprobic)



zones in the Northern Caspian Sea's water area. **Main conclusions.** However the population dynamics of the different microorganisms groups in summer period of 2015-2016 years near oil water fields attest to successful processes of self-purification of water area and recovering of water area ecosystem after human impact.

**Keywords:** monitoring, microorganisms, North Caspian Sea, pelagic zone, sediments, numerosity.

**For citation:** Kolotova O.V., Sokolova I.V., Vladimtseva I.V., Shmeleva E.O., Vodovsky N.B. Bacterial community of pelagic zone and sediments of the North Caspian Sea during 2015-2016 years. *South of Russia: ecology, development*. 2017, vol. 12, no. 4, pp. 120-137. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2017-4-120-137

## ВВЕДЕНИЕ

Каспийское море, являясь уникальной экосистемой, испытывает на себе все возрастающее антропогенное воздействие, связанное с влиянием промышленных источников, нефтедобычей и судоходством. Для акватории Северного Каспия характерны с одной стороны высокая динамичность естественных процессов, связанных с мощным притоком органического вещества с речным стоком, а с другой – техногенные влияния вследствие аварийных разливов нефти, судовых сбросов и сбросов сточных вод [1]. Накопление разнообразных загрязнений, особенно таких стойких как нефть и продукты ее трансформации, приводит к снижению самоочищающей способности Каспийского моря за счет уменьшения концентрации растворенного кислорода и скорости процессов минерализации органического вещества, накопления токсичных продуктов анаэробного распада, изменения солевого состава и других характеристик.

Являясь первым звеном в детритных пищевых цепях, важнейшую роль в обеспе-

чении резистентности морской экосистемы к антропогенному воздействию играют микроорганизмы, обладающие высокими адаптационными способностями и пластичностью обменных процессов [2; 3]. Литературные данные свидетельствуют о том, что мониторинговые исследования микрофлоры в северной части Каспийского моря ведутся с 20-х годов XX века, благодаря чему накоплены многочисленные сведения о роли микроорганизмов в общей продуктивности экосистемы Северного Каспия и в процессах деструкции загрязнителей [4-6].

**Целью** настоящего исследования является оценка качества водной среды на основе данных о соотношении индикаторных групп микроорганизмов (сапротрофы, углеводородоокисляющие, фенолоокисляющие и сульфатредуцирующие) в бактериопланктоне и бактериобентосе нефтяных местоорождений Северного Каспия.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом исследований послужили пробы воды и донных отложений, отобранные в 23 фиксированных точках в районе Северного Каспия в июле-августе 2015-2016 гг. в рамках постпроизводственного мониторинга районов поисково-оценочного бурения. Расположение точек пробоотбора привязано к соответствующим структурам, обозначенным на рисунке 1. На структуре «Ракушечная» выполнено 9 точек пробоотбора (точки 1,2,4,5,6,7,8,9,11), 5 – на структуре «Сарматская» (точки 31, 32,1,2, К), на структурах «Широтная» (1,2,3,5) и «Хвалынская» (1,3,4 К) по 4 точки отбора проб, и одна точка находится на юго-западе, в отдалении от перечисленных структур – Диагональная (Д).

Отбор проб осуществлялся согласно требованиям, установленным к этим процедурам [7; 8].

Для определения общей численности микроорганизмов в воде и донных отложениях применяли метод люминесцентной микроскопии с использованием микроскопа БИОМЕД 6Т ЛЮМ. Приготовление препаратов осуществляли по методике, описанной в руководстве [9]. Препараты окрашивали акридиновым оранжевым (1:10000) и микроскопировали при увеличении  $\times 150-300$ . Численность сапротрофных микроорганизмов определяли высевом проб воды и донных отложений, а также их разведений на пластинки питательного агар (производства ООО «Биокомпас-С», г. Углич) в чашки Петри. Для оценки численности нефтеокис-



ляющих микроорганизмов в пробах воды и донных отложений применяли высев проб и их разведений в жидкую среду Диановой-Ворошиловой следующего состава, (г/л) [10]:  $K_2HPO_4$  – 1,0;  $KH_2PO_4$  – 1,0;  $NH_4NO_3$  – 1,0;  $MgSO_4$  – 0,2;  $CaCl_2 \cdot 6H_2O$  – 0,01;  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  – 3 капли насыщенного раствора; дизельное топливо летнее – 1% [11]. Численность нефтеокисляющих микроорганизмов в пробах определяли высевом исходной морской воды и 5 последовательных разведений (метод предельных разведений) каждой пробы в 5 мл среды Диановой – Ворошиловой. Посевы инкубировали при температуре 28-30°C. Навеску грунта из проб дон-

ных отложений массой 10 г тщательно перемешивали с 90 мл стерильной водопроводной воды и получали разведение 1:10, из которого готовили следующие 4 разведения. Посев и культивирование полученных разведений донных отложений в среде Диановой-Ворошиловой осуществляли аналогично методике, описанной для морской воды. Учет результатов осуществляли через 7-14 суток. После инкубации отмечали визуальное наличие или отсутствие роста микроорганизмов: помутнение среды, образование пленки или осадка, определяя наиболее вероятную численность (НВЧ) микроорганизмов по таблице Мак-Креди [9].



Рис. 1. Карта точек пробоотбора в северной части Каспийского моря  
Fig. 1. The map of sampling in the Northern Caspian Sea

Для оценки численности фенолоокисляющих микроорганизмов также применяли метод предельных разведений и определение их НВЧ в 1 мл морской воды или в 1 г донных отложений. Посев разведений воды и донных отложений (готовили 5 последовательных разведений в изотоническом растворе) осуществляли в жидкую селективную среду Егоровой следующего состава (г/л) [8]:  $K_2HPO_4$  – 1,0;  $(NH_4)_2SO_4$  – 0,1;  $MgSO_4$  – 0,2;

$NaCl$  – 0,2;  $CaCl_2$  – 0,1;  $FeCl_3$  – 0,02;  $MnSO_4$  – 0,01;  $(NH_4)_2HPO_4$  – 0,5; фенол – 1,0. Культивирование посевов осуществляли при температуре 28-30°C, учет результатов производили через 7-14 суток, отмечая пробирки с помутнением питательной среды.

Для установления численности сульфатредуцирующих бактерий в исследуемых пробах методом предельных разведений применяли агаризованную (1,5%) среду



Таусона следующего состава (г/л) [12]:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  – 4,0;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  – 0,5;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 1,0; соль Мора – 0,5; лактат кальция – 5,0; дрожжевой экстракт – 1,0. Подготовленные для разведения воды и донные отложения (1:10, 1:100, 1:1000 и т.д.), а также исходную воду объемом 1 мл разливали в стерильные

пробирки, смешивали с расплавленной и остуженной до 45°C средой Таусона объемом 9 мл и охлаждали в смеси воды и льда для создания анаэробных условий. Посевы культивировали при температуре 28-30°C, отмечая пробирки, в которых наблюдали почернение среды в течение 14-28 дней.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В ходе экспедиционных исследований акватории Северного Каспия были отобраны пробы воды и донных отложений (рис. 1). Исследование микробиоценоза, отобранных проб, проводилось в летний период, т.к. именно в это время года интенсифицируются химические и биологические процессы, что увеличивает количество доступной для бактериопланктона органики, в результате чего численность микроорганизмов достигает пиковых значений [4].

Глубины точек в районе исследования составляли от 5 до 30 м. Температура воды в период отбора проб (июль-август) в исследуемом районе составляла в 2015 г. от 11 до 29°C, в 2016 г. – от 7 до 29,3°C. Соленость воды в 2015 г. колебалась в интервале

от 15,1 до 18,2, в 2016 г. – от 13 до 22,6 промилле. pH исследуемых проб воды в 2015 г. находился в интервале от 6,4 до 9,28, в 2016 г. – от 8,4 до 9,1 ед. Содержание растворенного кислорода в воде в 2015 г. зафиксировано в концентрации от 4,8 до 6,7 мг/л, в 2016 г. концентрация кислорода изменялась от 4 до 7,5 мг/л.

Был изучен микробиологический состав отобранных проб воды и грунта. Результаты микробиологического анализа проб морской воды и донных отложений показали неоднородное распределение по общей численности, концентрациям сапрофитных, углеводородокисляющих, фенолоокисляющих и сульфатредуцирующих бактерий.

#### *Общая численность микроорганизмов*

Максимальная численность микроорганизмов в исследованных пробах воды в 2015 г. отмечена в точке 3 структуры «Широтная» (далее «Ш») и составила  $14643,2 \cdot 10^3$  м.к./мл, что в 6 раз больше среднего значения за год в исследованных водных пробах (в донных отложениях этой же точки численность высока, но не максимальна и составила  $13091 \cdot 10^3$  м.к./мл). В воде точки 3 структуры «Ш» отмечен максимальный уровень солености из всех измеренных в 2015 г. (18,2 г/л) и высокое значение pH (9,1) (одна из 5 проб с уровнем pH выше 9). Несколько ниже общая численность микроорганизмов в воде точки 2 структуры «Сарматская» (далее «С») –  $13833 \cdot 10^3$  м.к./мл (в грунте этого образца общая численность имеет практически минимальное значение среди всех исследованных донных проб в 2015 г. и составляет  $217,59 \cdot 10^3$  м.к./г донных отложений, что ниже среднегодового значения почти в 16 раз). Соленость воды на данной точке несколько ниже – 17,6 г/л, а уровень pH также имеет высокое значение – 9,1.

Минимальные концентрации микроорганизмов в пробах воды 2015 года зафик-

сированы на 2-х точках: точке 4 структуры «Хвалынская» (далее «Х») –  $24,32 \cdot 10^3$  м.к./мл (при этом в донных отложениях численность в 2,6 раза выше –  $64,20 \cdot 10^3$  м.к./г донных отложений), что почти в 100 раз ниже среднегодового значения. Возможно, низкая концентрация микроорганизмов частично объясняется низкой температурой воды – 12,5°C. Соленость 16,9 г/л; pH=8,9 в точке К структуры «Х» –  $39,53 \cdot 10^3$  м.к./мл (содержание в грунте  $8300,04 \cdot 10^3$  м.к./г донных отложений, т.е. более чем в 200 раз выше, чем в воде данной станции). Здесь также отмечена низкая температура воды 12°C. Соленость 16,9 г/л; pH=8,7.

В 2016 г. максимальная численность микроорганизмов зафиксирована в воде пробы в точке 31 структуры «С» –  $8131,34 \cdot 10^3$  м.к./мл (в донных отложениях при этом также концентрация высока и составляет  $18725,7 \cdot 10^3$  м.к./г донных отложений, что в 2,3 раза больше, чем в воде), что выше среднегодового значения в 2,83 раза, но ниже максимального значения для 2015 г. в 1,8 раза. В воде этой точки отбора также отмечен высокий уровень солености (20,5 г/л),



pH=8,9. Несколько ниже общая численность микроорганизмов в точке 11 структуры «Ракушечная» (далее «Р») –  $8013,25 \cdot 10^3$  м.к./мл (в донных концентрация значительно ниже –  $936,28 \cdot 10^3$  м.к./г донных отложений), что более 6 раз выше, чем в 2015 г. При этом следует отметить, что по сравнению с данными 2015 г. уровень солености снизился с 16,4 до 15,2 г/л, pH – с 8,78 до 8,6. На точке 2 структуры «Р» также высокое значение общей численности –  $7304,71 \cdot 10^3$  м.к./мл (в донных почти на порядок ниже  $813,13 \cdot 10^3$  м.к./г донных отложений). По сравнению с 2015 г. численность микроорганизмов возросла практически в 60 раз. При этом уровень солености существенно снизился с 16,6 до 13 г/л, а значения показателя pH выросли с 7,88 до 9,0.

Минимальная в 2016 г. численность микроорганизмов в воде точки К структуры «Х» –  $428,49 \cdot 10^3$  м.к./мл (в грунте численность в 13,7 раза выше и составляет  $5870,76 \cdot 10^3$  м.к./г донных отложений), что в 10,84 раза выше, чем в 2015 г. По данным гидрологических исследований температура воды в день отбора пробы была низкой  $9,5^\circ\text{C}$  (в 2015 –  $12,5^\circ\text{C}$ ), уровень солености максимальный среди всех отобранных проб воды 22,6 г/л (по сравнению с 2015 г. увеличилась на 6 ед.), pH=8,6 (снизился на 0,1 по сравнению с 2015 г.). Общая численность микроорганизмов в воде этой точки в 6,7 раза ниже среднегодовой концентрации. Несколько выше общая численность микроорганизмов в воде точки К структуры «С» –  $689,98 \cdot 10^3$  м.к./мл (в грунте этой точки отмечена максимальная численность микроорганизмов в 2016 г. –  $34077,4 \cdot 10^3$  м.к./г донных отложений), что в 4,35 раза ниже, чем в 2015 г. В 2015 г. в грунте этой точки отбора также была зафиксирована максимальная численность микроорганизмов. Снижение численности микроорганизмов в воде, возможно, связано с понижением температуры с 17 до  $13^\circ\text{C}$ . Отмечено также повышение солености с 15,6 до 22,2 г/л и снижение pH с 9,0 до 8,7.

В проанализированных пробах донных отложений в 2015 г. максимальная общая численность микроорганизмов отмечена в точке К структуры «С» –  $20783,8 \cdot 10^3$  м.к./г донных отложений (в воде этой ст. общая численность в 6,9 раза ниже –  $3002,86 \cdot 10^3$  м.к./мл), что превышает среднее годовое значение данного показателя в донных отложениях практически в 6 раз. Несколько

ниже общая численность микроорганизмов в грунте точки 3 структуры «Ш» –  $13091,12 \cdot 10^3$  м.к./г донных отложений (в водной пробе данной станции отмечено максимальное в 2015 г. значение данного показателя, таким образом, общая численность в воде превышает таковую в донных отложениях приблизительно на 12%). В донных отложениях точки 2 структуры «Ш» общая численность составила  $12011,44 \cdot 10^3$  м.к./г донных отложений (в воде этой станции концентрация значительно ниже –  $1879,32 \cdot 10^3$  м.к./мл, т.е. в 6,4 раза меньше, чем в грунте).

Минимальная численность в 2015 году в донных отложениях отмечена в точке 1 структуры «Ш» и составила  $64,2 \cdot 10^3$  м.к./г донных отложений (в воде этой пробы  $209,66 \cdot 10^3$  м.к./мл, в 3,27 р. больше), что в 54 раза ниже средней концентрации микроорганизмов ( $3474,818 \cdot 10^3$  м.к./г донных отложений) в донных пробах в 2015 г. Среди всех точек структуры «Ш» в 2015 г. на точке 1 в воде и грунте отмечены самые низкие значения общей численности микроорганизмов. Незначительно выше общая концентрация микроорганизмов в грунте точки 7 структуры «Р» –  $66,36 \cdot 10^3$  м.к./г донных отложений (в воде  $2963,84 \cdot 10^3$  м.к./мл, что в 44,66 раза выше и это максимальная численность микроорганизмов среди всех станций Ракушечная в 2015 г.)

В 2016 г. максимальное значение общей численности микроорганизмов в донных отложениях сохранилось в точке К структуры «С» –  $34077,40 \cdot 10^3$ , значение показателя возросло в 1,6 раза по сравнению с 2015 г. Здесь содержание микроорганизмов существенно ниже (в 49 раз) и составило  $689,98 \cdot 10^3$ , и по сравнению с 2015 г. численность микроорганизмов в воде этой станции снизилась в 4,35 раза. Общая численность в донных отложениях данной точки отбора в 2016 г. выше среднегодового значения в 7,7 раза. В пробе грунта 31 структуры «С» общая численность микроорганизмов почти в 2 раза ниже, чем в грунте точки К структуры «С» и составила  $18725,70 \cdot 10^3$  м.к./г донных отложений, что в 4,25 раза превышает среднегодовое значение показателя. По сравнению с 2015 г. значение показателя также существенно увеличилось (в 15,66 раза) В воде точки 31 структуры «С» в 2016г. отмечено максимальное значение общей численности микроорганизмов –  $8131,34 \cdot 10^3$  м.к./мл, од-



нако в грунте данный показатель превышает таковой в воде в 2,3 раза).

В 2016 г. минимальная общая численность микроорганизмов в донных отложениях отмечена в пробах точки 4 ( $661,3 \cdot 10^3$  м.к./г донных отложений, в воде –  $4976,65 \cdot 10^3$  м.к./мл, т.е. в 7,5 раза больше) и 7 структуры «Р» ( $691,67 \cdot 10^3$  м.к./г донных отложений, а в воде  $1720,74 \cdot 10^3$  м.к./мл, т.е.

в 2,5 раза больше), что в 6,66 и в 6,37 раза ниже средней концентрации за 2016 г. в донных отложениях. По сравнению с 2015 г. общая численность в грунте этих проб возросла соответственно в 2,46 и 10,4 раза. При этом общая численность микроорганизмов в воде точки 4 структуры «Р» с 2015 по 2016 год возросла соответственно в 8,15, а в точке 7 структуры «Р» уменьшилась в 1,72 раза.

#### *Численность сапротрофов*

В 2015 г. максимальная численность сапротрофов в пробах воды отмечена в точке 7 структуры «Р» –  $200,00 \cdot 10^3$  КОЕ/мл (при этом содержание данной группы микроорганизмов в грунте этой станции одно из самых низких и составило  $43,8 \cdot 10^3$  КОЕ/г донных отложений), что превышает среднегодовое значение в 4,4 раза. Содержание сапротрофов составляет 6,75 % от общей численности микроорганизмов в воде данной пробы. Здесь зафиксирована соленость 15,5 г/л, рН=9, температура воды в момент отбора пробы 22°C.

Несколько ниже содержание сапротрофов в воде точки Диагональная –  $141,2 \cdot 10^3$  КОЕ/мл (в грунте не определялась). Здесь соленость 16,8, рН=9,01, температура 18°C. Еще ниже, но на высоком уровне содержание сапротрофов в воде точки 5 структуры «Ш» –  $127,00 \cdot 10^3$  КОЕ/мл (в грунте также один из самых низких показателей  $35,8 \cdot 10^3$  м.к./г донных отложений). Соленость 17,5 г/л, рН=8,7, температура 23,5.

Все перечисленные выше точки (7, Д, 5) можно охарактеризовать как воды с классом качества VI, воды грязные, гиперсапробные.

Минимальная численность сапротрофов зафиксирована в точке 2 структуры «Р» –  $0,10 \cdot 10^3$  КОЕ/мл (в грунте  $110,0 \cdot 10^3$  КОЕ/г донных отложений), что ниже среднегодового значения в 450 раз. Воды данной точки отбора характеризуются и достаточно низкой общей численностью микроорганизмов ( $122,09 \cdot 10^3$  КОЕ/мл). Таким образом, содержание сапротрофов не превышает 0,08% от общего числа микроорганизмов в воде точки 2 структуры «Р». По данным гидрологических исследований соленость 16,6 г/л, рН=7,88, температура 27,2°C. Практически на том же уровне содержание сапротрофов и в водном образце точки 1 структуры «Х» –  $0,11 \cdot 10^3$  м.к./мл (в грунте  $288,0 \cdot 10^3$

КОЕ/г донных отложений). Соленость воды 16,5 г/л, рН=8,56, температура 12°C. В воде точки К структуры «Х» численность сапротрофов несколько выше, однако не достигает 1000 КОЕ/мл и составляет  $0,830 \cdot 10^3$  КОЕ/мл (в грунте  $710 \cdot 10^3$  КОЕ/г донных отложений). Здесь соленость 16,9 г/л, рН=8,7, температура 12°C.

На трех точках отбора с минимальной концентрацией сапротрофов: 2 «Р», 1 «Х», Контрольная «Х» – воды отнесены к I-II классам качества, очень чистым, ксено- или олигосапробным.

В исследованных в 2015 г. пробах донных отложений максимальная численность сапротрофов отмечена в точке 1 структуры «С» –  $791,7 \cdot 10^3$  КОЕ/г донных отложений, что превышает среднегодовое значение в 4,4 раза (в воде данной точки численность сапротрофов довольно низкая и составила  $2,2 \cdot 10^3$  КОЕ/мл, что в 360 раз ниже данного показателя для донных отложений). Численность сапротрофов составляет 10% от общей численности микроорганизмов в грунте данной станции.

Минимальная численность сапротрофов в грунте в 2015 г. зафиксирована в точках 11 структуры «Р» и 2 структуры «С» –  $23 \cdot 10^3$  КОЕ/г донных отложений (0,29% от общей численности) и  $24 \cdot 10^3$  КОЕ/г донных отложений (11% от общей численности) соответственно, что более, чем в 7 раз ниже среднегодового значения и в 34 раза ниже максимального значения.

В 2016 г. максимальная численность сапротрофов в воде исследованных проб установлена в точке 7 структуры «Р» –  $360 \cdot 10^3$  КОЕ/мл (21% от общей численности), в 2015 г. в воде этой станции также было зафиксировано максимальное содержание данной группы микроорганизмов, однако в 2016 г. оно возросло в 1,8 раза. Численность сапротрофов в точке 7 структуры «Р» в 2016 г. превысила среднегодовое значение в 12,8



раза. При этом содержание сапротрофов в грунте этой станции в 33 раза ниже ( $10,750 \cdot 10^3$  КОЕ/г донных отложений). Температура воды составила  $26,6^\circ\text{C}$ , соленость 13,4 г/л, pH сохранился на уровне 9. Вода данной пробы оценена как умеренно-загрязненная (IV класс качества), полисапробная.

Минимальная численность сапротрофов в водных пробах, отобранных в 2016 г. отмечена в точке 1 структуры «Х» –  $0,048 \cdot 10^3$  КОЕ/мл, что составляет лишь 0,0026% об общей численности бактерий в воде образца в 2015 г. в воде этой точки также было зафиксировано одно из самых низких содержаний данной группы микроорганизмов –  $0,11 \cdot 10^3$  КОЕ/мл.

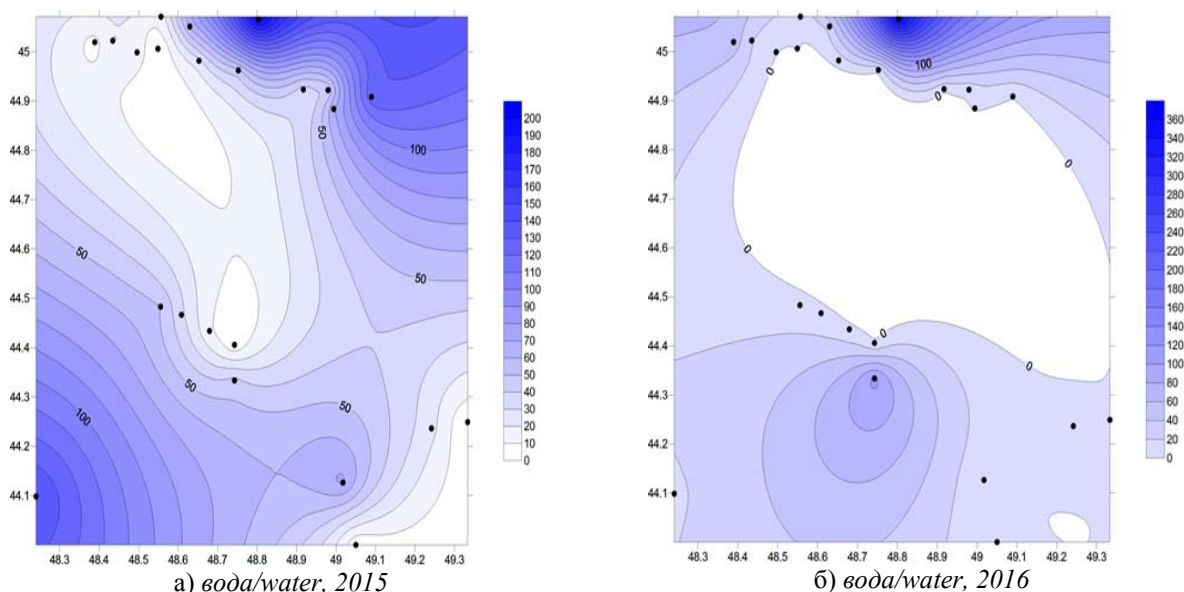
Таким образом, за год содержание сапротрофов снизилось в воде пробы 1 структуры «Х» в 2,3 раза. По сравнению со средней концентрацией сапротрофов в исследованных пробах воды в 2016 г. концентрация в этой точке в 586 раз ниже. В грунте рассматриваемой точки отбора в 2016 г. также зафиксировано минимальное содержание сапротрофов 1000 м.к./г. По данным гидрологических исследований температура воды сохранилась на уровне  $12^\circ\text{C}$ , соленость возросла с 16,5 до 21,3 г/л, pH несколько увеличился и составил 9,1. По содержанию сапротрофов и общей численности микроорганиз-

мов вода на точке 1 структуры «Х» относится к I классу качества (очень чистая, ксеносапробная).

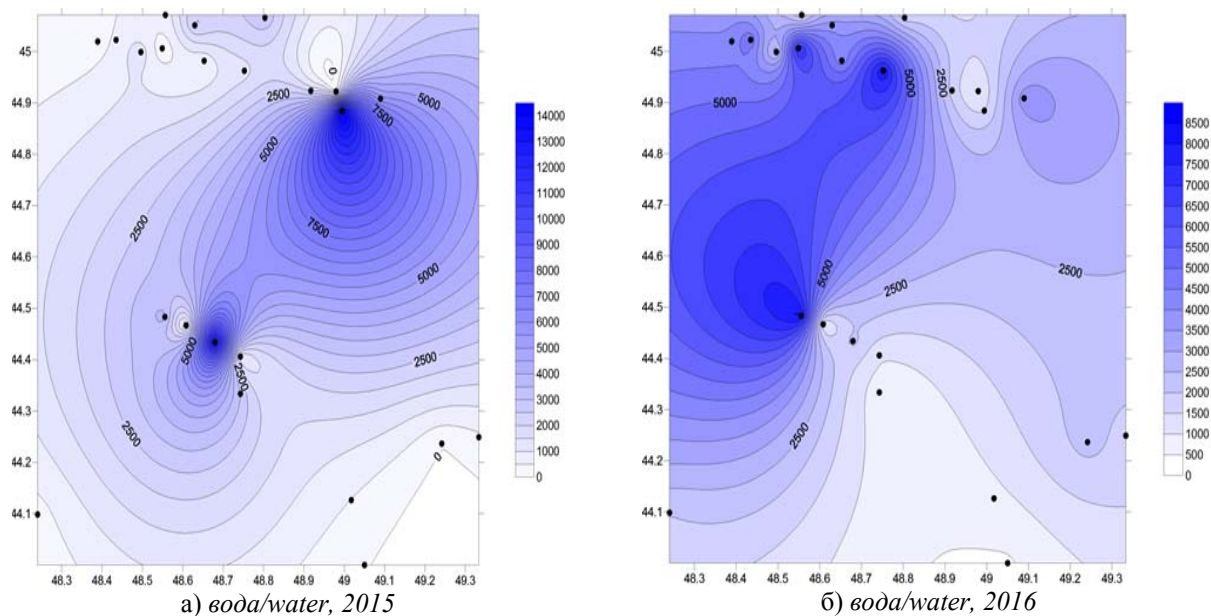
В пробах донных отложений, проанализированных в 2016 г. максимальная численность сапротрофов зафиксирована в точке 32 структуры «С» и составила  $94,00 \cdot 10^3$  КОЕ/г донных отложений (0,59% от общей численности), что выше среднегодовой концентрации сапротрофов в грунте в 5,5 раза. По сравнению с 2015 г. содержание сапротрофов в донных отложениях указанной точки уменьшилось в 1,8 раза, их содержание в воде уменьшилось в 5,4 раза.

Минимальная численность сапротрофов в донных отложениях установлена в точке 1 структуры «Х» – 1000 КОЕ/г (0,097% от общей численности), что ниже среднегодового значения в 17 раз. В воде этого образца в 2016 г. также зафиксирован минимальный уровень содержания сапротрофов. Содержание сапротрофов в донных отложениях в 20 раз выше такового в воде точки 1 структуры «Х». По сравнению с 2015 г. содержание данной группы микроорганизмов в грунте снизилось в 288 раз.

Данные анализа общей численности микроорганизмов и содержания сапротрофов в водных образцах и пробах донных отложений представлены на рис. 2-5.

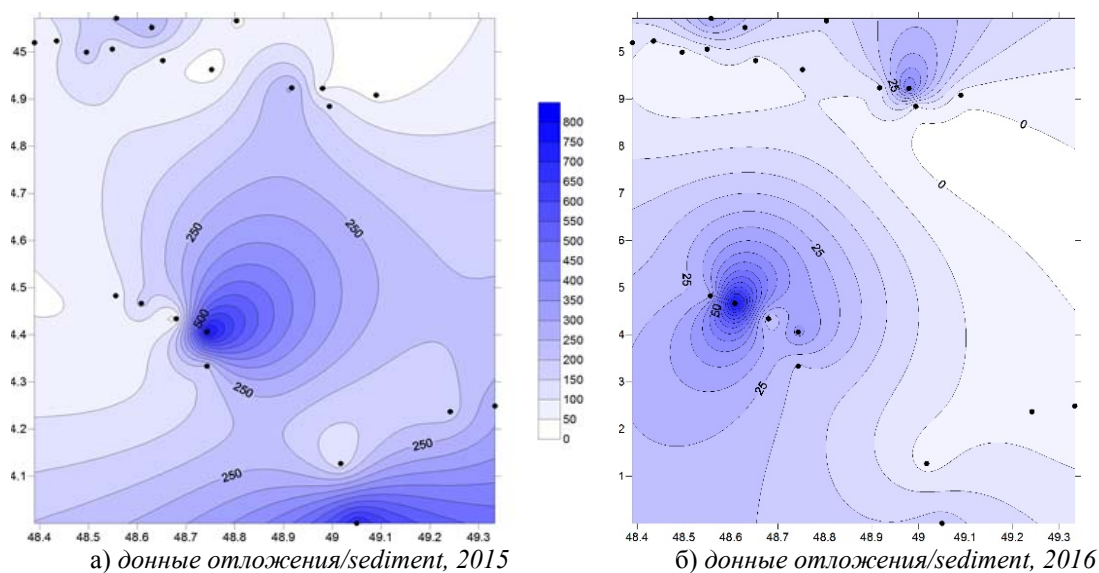


**Рис. 2. Распределение численности сапротрофов (тыс. КОЕ/мл) в водных образцах в 2015 (а) и в 2016 (б) годах**  
**Fig. 2. Distribution of number of the saprotrophic microorganisms (thousand CFU/ml) in water samples at 2015 (a) and 2016 (b) years**



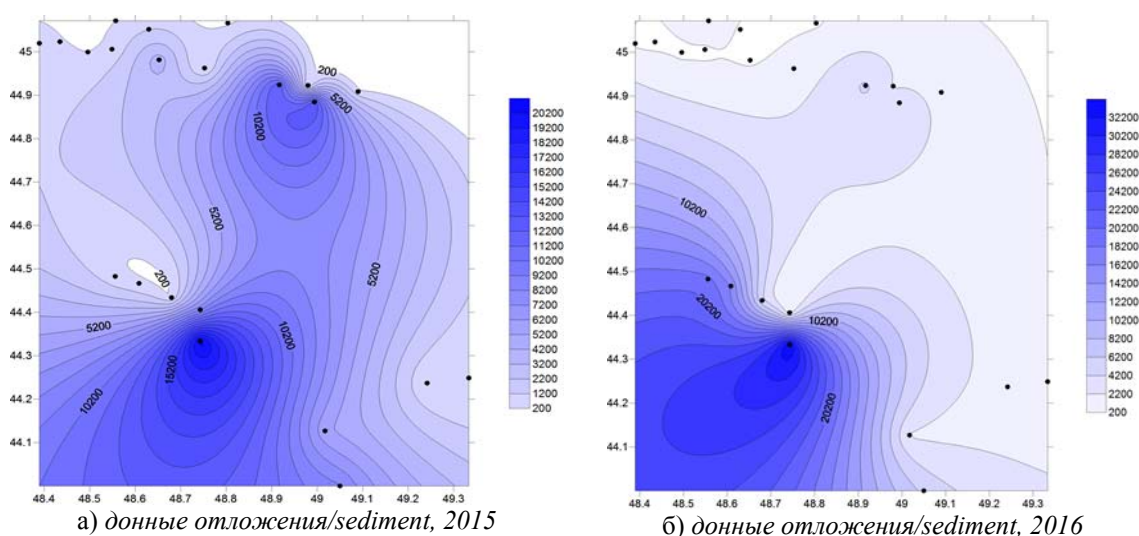
**Рис. 3. Распределение общей численности микроорганизмов (тыс. кл/мл) в водных образцах в 2015 (а) и в 2016 (б) годах**

**Fig. 3. Distribution of the total number of microorganisms (thousand sells/ml) in water samples at 2015 (a) and 2016 ( б) years**



**Рис. 4. Распределение численности сапротрофов (тыс. КОЕ/г. донных отложений) в донных образцах в 2015 (а) и в 2016 (б) годах**

**Fig. 4. Distribution of number of the saprotrophic microorganisms (thousand CFU/g sediments) in sediment samples at 2015 (a) and 2016 (б) years**



**Рис. 5. Распределение общей численности микроорганизмов (тыс. кл/г донных отложений) в донных образцах в 2015 (а) и в 2016 (б) годах**  
**Fig. 5. Distribution of the total number of microorganisms (thousand sells/g sediment) in sediment samples at 2015 (a) and 2016 (б) years**

Представленные на рисунках 2-5 данные свидетельствуют о существенном разбросе по содержанию сапротрофных бактерий и общему числу микроорганизмов в точках отбора проб внутри каждой из изученных станций в период 2015-2016 гг. Представляет интерес изменение содержания са-

протрофной микрофлоры относительной общей численности в течение исследуемого периода (см. табл. 1), т.к. именно сапротрофы, усваивая легкодоступное органическое вещество, вносят наиболее существенный вклад в процессы самоочищения морской воды.

**Таблица 1**

**Средние значения общей численности микроорганизмов и содержания сапротрофных бактерий в воде и донных отложениях изученных точек отбора**

**Table 1**

**Average values of the total number and saprotrophic microorganisms in the water and sediment of the researched sampling**

|              | Структура<br>Structure  | Год<br>Year | Ракушечная<br>Rakushechnaya | Широтная<br>Shirotnaya | Сарматская<br>Sarmatskaya | Хвалынская<br>Khalynskaya |
|--------------|---|-------------|-----------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|
|              |   |             |                             |                        |                           |                           |
| Вода / Water | Среднее значение кол-ва сапротрофов, тыс. КОЕ/мл<br>Average value of saprotrophic microorganisms, thousand CFU/ml | 2015        | 43,73                       | 68,00                  | 30,24                     | 24,23                     |
|              |   | 2016        | 53,62                       | 3,85                   | 21,86                     | 2,64                      |
|              | Среднее значение общей численности, м.к./мл<br>Average value of total number of microorganisms, thousand cell/ml  | 2015        | 1153,00                     | 5592,00                | 3968,00                   | 244,00                    |
|              |   | 2016        | 4183,00                     | 2014,00                | 2930,50                   | 1326,00                   |
|              | % сапротрофов от общей численности<br>% saprotrophic to the total number of microorganisms                        | 2015        | 3,79                        | 1,21                   | 0,76                      | 9,93                      |
|              |   | 2016        | 1,28                        | 1,91                   | 0,75                      | 1,99                      |



|                             |  |      |        |         |          |         |
|-----------------------------|--|------|--------|---------|----------|---------|
| Донные отложения / Sediment | Среднее значение кол-ва сапротрофов, КОЕ/г донных отложений<br>Average value of saprotrophic microorganisms, thousand CFU/g sediment     | 2015 | 115,51 | 119,85  | 226,01   | 319,8   |
|                             |  | 2016 | 10,14  | 15,385  | 43,06    | 6,33    |
|                             | Среднее значение общей численности, м.к./г донных отложений<br>Average value of total number of microorganisms, thousand cell/g sediment | 2015 | 753    | 6382,75 | 5061,67  | 3565,25 |
|                             |  | 2016 | 304,7  | 2867    | 15308,33 | 2690,75 |
|                             | % сапротрофов от общей численности<br>% saprotrophic to the total number of microorganisms   | 2015 | 15,34  | 1,88    | 4,46     | 8,97    |
|                             |  | 2016 | 3,33   | 0,54    | 0,28     | 0,23    |

Данные, представленные в табл. 1, свидетельствуют о том, что средние концентрации сапротрофных бактерий в период с 2015 по 2016 год увеличились на структурах Ракушечная и Сарматская (в точках отбора проб воды этих структур в 2016 г. зафиксированы максимумы концентраций сапротрофов: в точке 7 структуры «Р» –  $360 \cdot 10^6$  КОЕ/мл и Контрольной структуры «С» –  $105 \cdot 10^6$  КОЕ/мл), при этом доля сапротрофов относительно общей численности бактерий на данных точках снизилась. Следует отметить, что в 2016 г. в водах именно этих точек отбора установлен наиболее низкий класс качества (точки 5 и 7 структуры «Р», точке К структуры «С» – IV класс), однако эта характеристика воды по сравнению с 2015 г. несколько улучшилась. В водах всех изученных структур, за исключением «Ш», средние концентрации сапротрофов снизились, их процент от общей численности бактерий составил от 0,75 на «С» до 1,99 на «Х». В водах структуры «Ш» среднее процентное содержание сапротрофов от общей численности бактерий возросло в 1,6 раза. При этом общая численность бактерий снизилась в среднем в 2,8 раза (в 2015 г. в водах этой станции зафиксировано максимальное значение общей численности бактерий более 14 млн м.к./мл). Следует отметить также, что в точках отбора проб воды структуры «Ш» в 2015 г. установлены IV-V классы качества, в 2016 г. классы качества на тех же точках структуры «Ш» – II-III.

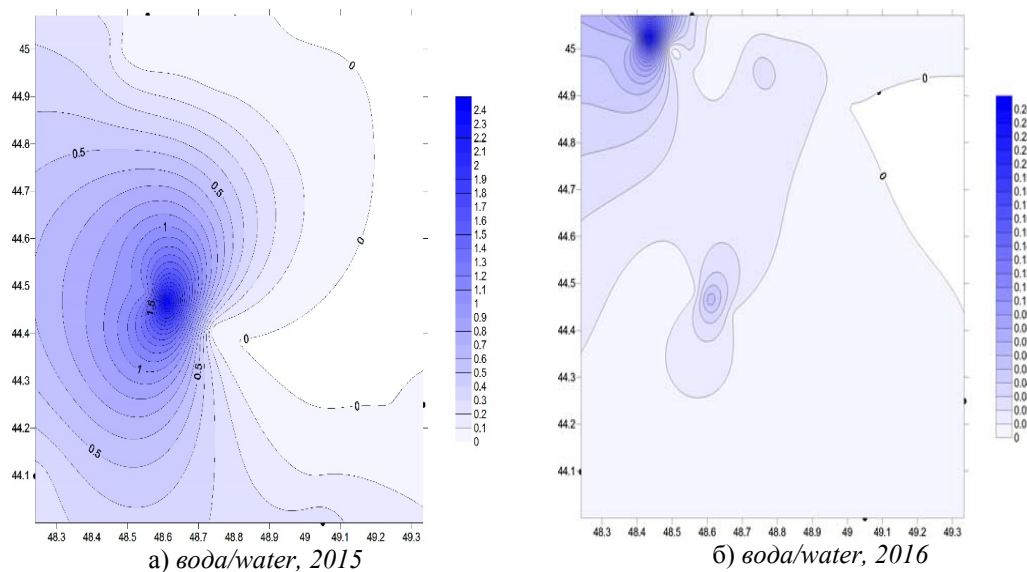
Что касается донных отложений на изученных станциях, то данные табл. 3 свидетельствуют о том, что в период 2015-2016 гг. средние концентрации сапротрофов в

грунтах всех станций существенно снизились (на структурах «Р», «С», «Х» более, чем в 10 раз). Общая численность бактерий в грунтах структур «Р», «Ш» и «Х» снизилась, в грунтах структуры «С» увеличилась – в 3 раза. При этом в водах данной структуры общая численность бактерий увеличилась менее значительно (приблизительно в 2,5 раза), классы качества воды повысились с IV до II-III. Перечисленные факты могут свидетельствовать о завершении процессов деградации органики в водной среде и преимущественной аккумуляции продуктов трансформации органического вещества в придонном горизонте.

#### *Численность нефтеокисляющих микроорганизмов*

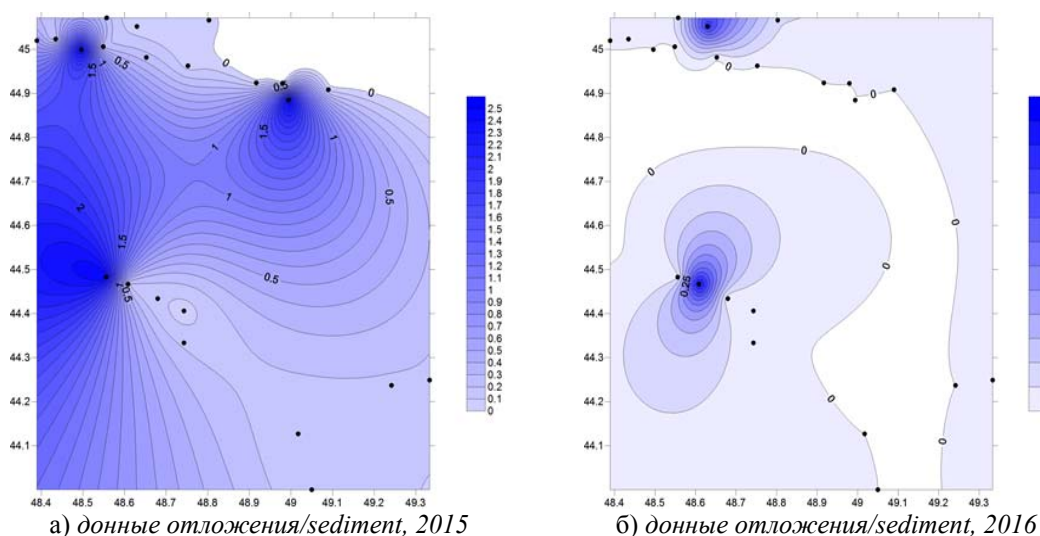
В ходе лабораторных исследований была определена численность нефтеокисляющих бактерий. Распределение микроорганизмов этой группы представлено на рисунках 6 и 7.

Как видно, из анализа проб, определяющих количество нефтеокисляющих микроорганизмов, проведенных в 2015 и 2016 годах, максимальное содержание данной группы отмечено на ст. 32 структуры «Р» (в водном образце) в 2015 году. Концентрация нефтеокисляющих микроорганизмов в этой точке составила 2500 кл/мл. Из анализируемых водных проб такой максимум наблюдался только в одной точке. В донных пробах максимумы концентраций обнаружены в трех точках: 8 структуры «Р», точке 3 структуры «Ш», 32 структуры «С» с аналогичным содержанием 2500 кл/г донных отложений.



**Рис. 6. Численность нефтеокисляющих микроорганизмов в водных образцах (а, б) в 2015-2016 гг.**

**Fig. 6. Number of oil microorganisms in water (a, б) in 2015-2016 years**



**Рис. 7. Численность нефтеокисляющих микроорганизмов в донных образцах (а, б) в 2015-2016 гг.**

**Fig. 7. Number of oil microorganisms in sediment (a, б) samples in 2015-2016 years**

Минимальное содержание нефтеокисляющих микроорганизмов в 2015 г. обнаружено в точках 2 структуры «С» и 4 структуры «Х». При этом нефтеокисляющие бактерии присутствуют во всех исследуемых образцах воды. В донных образцах минимальное количество обнаружено в точках 1 и 11 структуры «Р», точке 2 структуры «С». В точке отбора проб 1 структуры «Ш» углево-

дорокисляющие микроорганизмы отсутствуют, при этом в одной пробе бактерий этой группы не более 25 кл/мл.

В 2016 году наметилась общая тенденция к снижению количества нефтеокисляющих микроорганизмов в исследуемой акватории. Максимум в пробах 2016 г обнаружен в точке 5 структуры «Р» (водный образец), при этом концентрация составила в



10 раз меньше, чем в 2015 году – 250 кл/мл. Из исследованных образцов донных отложений максимальное количество нефтеокисляющих микроорганизмов обнаружено в точках 1 структуры «Р» и 32 структуры «С» – 500-600 кл/г донных отложений. В 2016 году в 12 точках из 24 отмечено минимальное количество нефтеокисляющих микроорганизмов – не более 6 кл/мл. В донных образцах минимальное количество отмечено в 9 точках и не обнаружено в 6 точках из 22 проб. Из водных проб минимальное количество бактерий этой группы обнаружено на протяжении двух лет в точках 2 структуры «С» и 4 структуры «Х». В точке 1 структуры «Ш» на протяжении всего периода исследования в донных пробах отмечено отсутствие нефтеокисляющих бактерий.

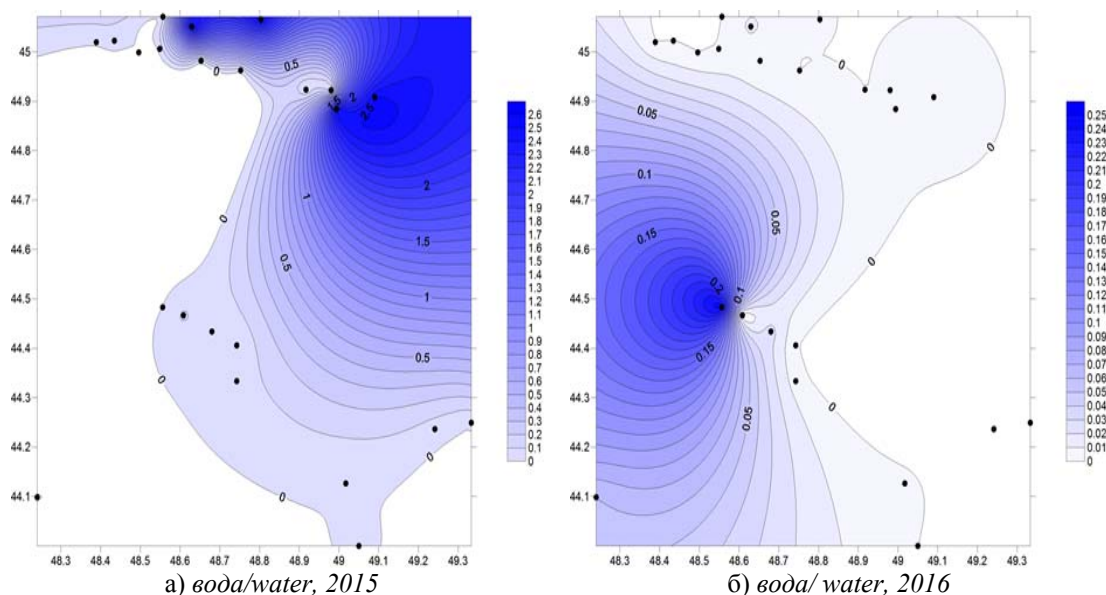
#### *Численность фенолоокисляющих микроорганизмов*

По количеству фенолоокисляющих микроорганизмов максимальные концентрации в 2015 году наблюдали в точках водных образцов 1 и 7 структуры «Р», точках 3 и 5 структуры «Ш». В придонном горизонте максимальное увеличение численности

наблюдали в точках 8 структуры «Р», точке 3 структуры «Ш», точке 31 структуры «С». И в водных, и в придонных пробах оно составило порядка 2500 кл/мл. Одинаковое максимальное количество по нефтеокисляющим и фенолоокисляющим бактериям в придонном горизонте наблюдали в точках 8, 3, 31 выше перечисленных структур – 2500 кл/мл (г донных отложений).

В 2016 году концентрация фенолоокисляющих микроорганизмов снизилась и в 18 точках либо не были обнаружены, либо составили 1 кл/мл. Максимум наблюдали в 1 точке – в точке 31 структуры «С» (водная проба). Концентрация здесь составила 250 кл/мл, что в 10 раз меньше, чем в 2015 г. В донных пробах такой же максимум обнаружили в точке 1 структуры «Р». В 10 донных образцах из 22 фенолоокисляющие микроорганизмы обнаружены не были.

Средние концентрации фенолоокисляющих микроорганизмов в придонном горизонте оба года чуть больше (в 1,1-1,3 раза). Распределение численности фенолоокисляющих микроорганизмов в рассматриваемый период представлено на рисунках 8 и 9.



**Рис. 8. Численность фенолоокисляющих микроорганизмов в водных (а, б) образцах в 2015-2016 гг.**

**Fig. 8. Number of phenol oxidase microorganisms in water (a, b) samples at 2105-2016 years**

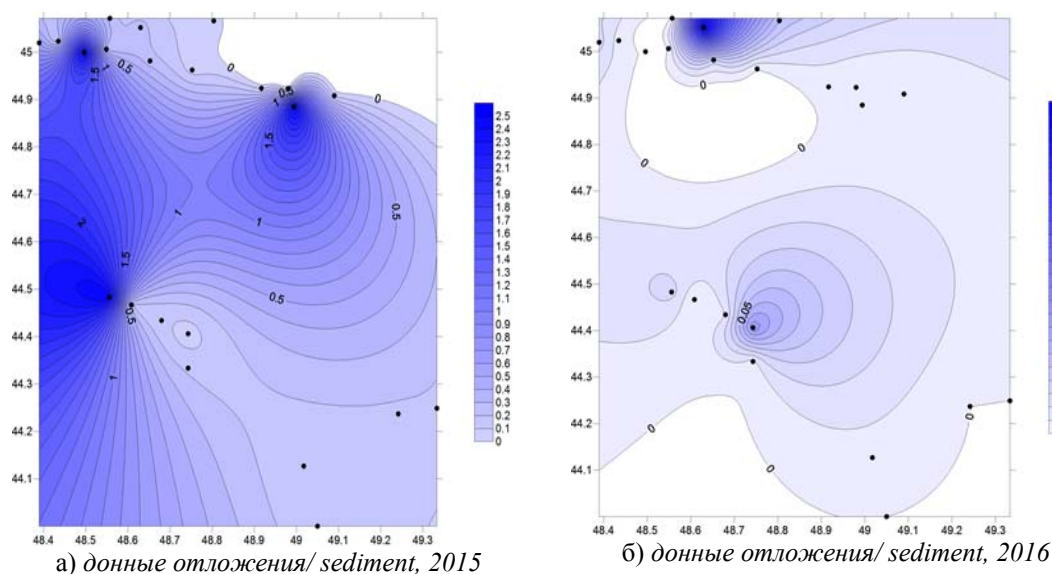


Рис. 9. Численность фенолоксилирующих микроорганизмов в донных (а, б) образцах в 2015-2016 гг.

Fig. 9. Number of phenol oxidase microorganisms in sediment (a, b) samples at 2015-2016 years

#### Численность сульфатредуцирующих микроорганизмов

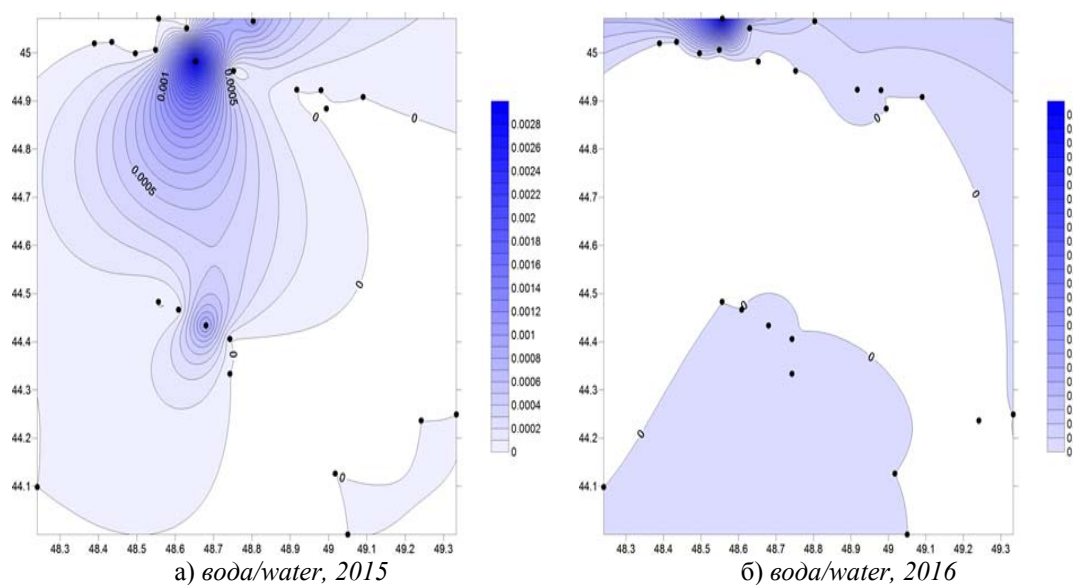
Анализ водных и донных образцов по содержанию группы сульфатредуцирующих бактерий по 2015 году показал, что только в 3 точках водного горизонта обнаружены микроорганизмы этой индикаторной группы: точка 6 и 7 структуры «Р», точке 2 структуры «С». Содержание их в воде – единичные клетки в мл. В то же время в этих же точках содержание в донных образцах выше, чем в остальных донных пробах. При этом в точке 5 структуры «Ш» (придонный горизонт) отмечено максимальное содержание сульфатредуцирующих микроорганизмов – 6000 кл/мл. Больше 1000 кл/мл обнаружено еще в 2 донных образцах – точке 6 структуры «Р» и 31 структуры «С». 2015 году в 5 точках не обнаружено сульфатредукторов ни в водных пробах, ни в донных отложениях. В точках 32 структуры «С» и К структуры «Х» не обнаружена данная группа в течение 2 лет.

В 2016 количество сульфатредуцирующих микроорганизмов в водных образцах увеличилось незначительно. В 8 точках

зафиксированы единичные клетки: точках 1, 2, 7, 8 и 9 структуры «Р», точке 2 структуры «Ш», точках 2 и К структуры «К». Максимальное содержание (25 кл/мл) отмечено в точке 9 структуры «Р», в 2015 году в водной пробе не было обнаружено данной группы бактерий.

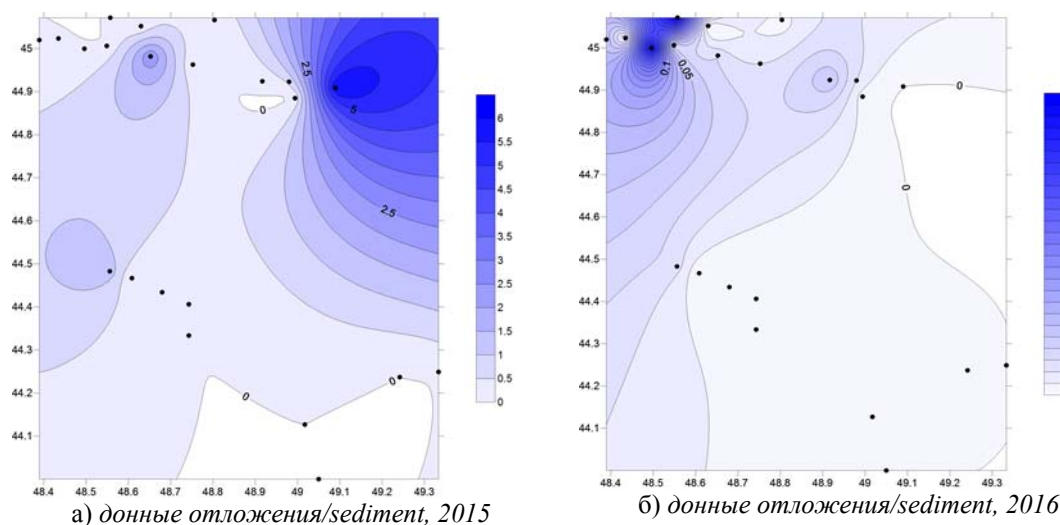
Максимальное значение сульфатредуцирующих микроорганизмов в донных отложениях в 2015 году обнаружено в точке 5 структуры «Ш» ( $6 \cdot 10^3$  кл/г донных отложений).

Из всех анализируемых точек по данным индикаторным группам выделяется точка 31 структуры «С», где обнаружены максимумы концентраций нефтеокисляющих и фенолоксилирующих в придонном слое в 2015 году и обнаружены сульфатредукторы в донных отложениях. Кроме того, максимум по фенолоксилирующим микроорганизмам был зафиксирован в этой точке в водном образце в 2016 году. Графически распределение численности сульфатредуцирующих микроорганизмов в водных и донных образцах представлено на рисунках 10 и 11.



**Рис. 10. Численность сульфатредуцирующих микроорганизмов в водных (а, б) образцах в 2015-2016 гг.**

**Fig. 10. Number of sulphate-reducing microorganisms in water (a, б) samples in 2015-2016 years**



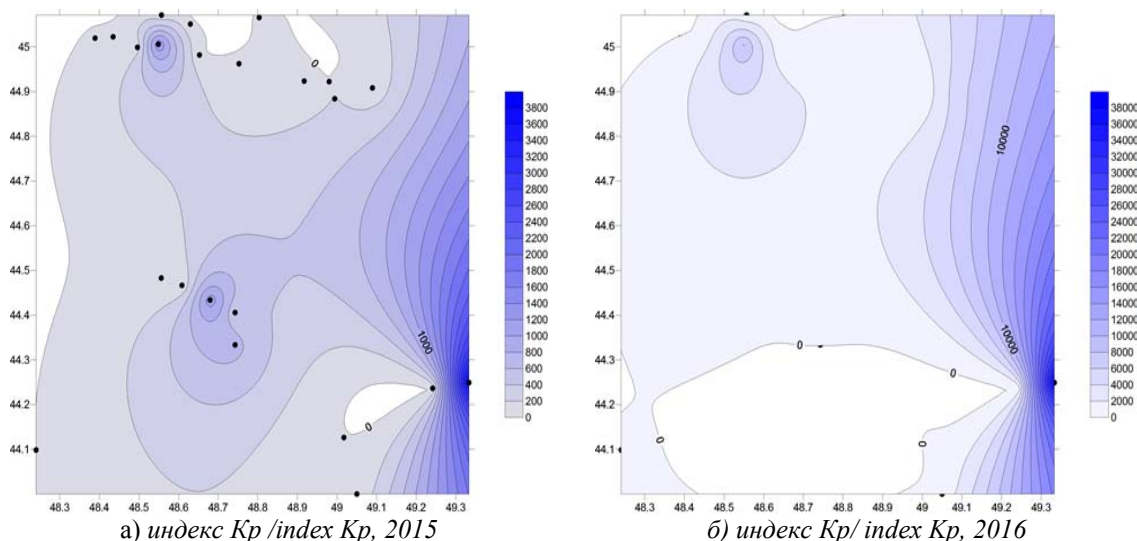
**Рис. 11. Численность сульфатредуцирующих микроорганизмов в донных (а, б) образцах в 2015-2016 гг.**

**Fig. 11. Number of sulphate-reducing microorganisms in sediment (a, б) samples at 2015-2016 years**

#### *Оценка состояния качества исследуемых водных структур*

Оценку качества водных проб проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 17.1.3.07-82 «Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков» и ГОСТ 17.1.2.04-77 «Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов».

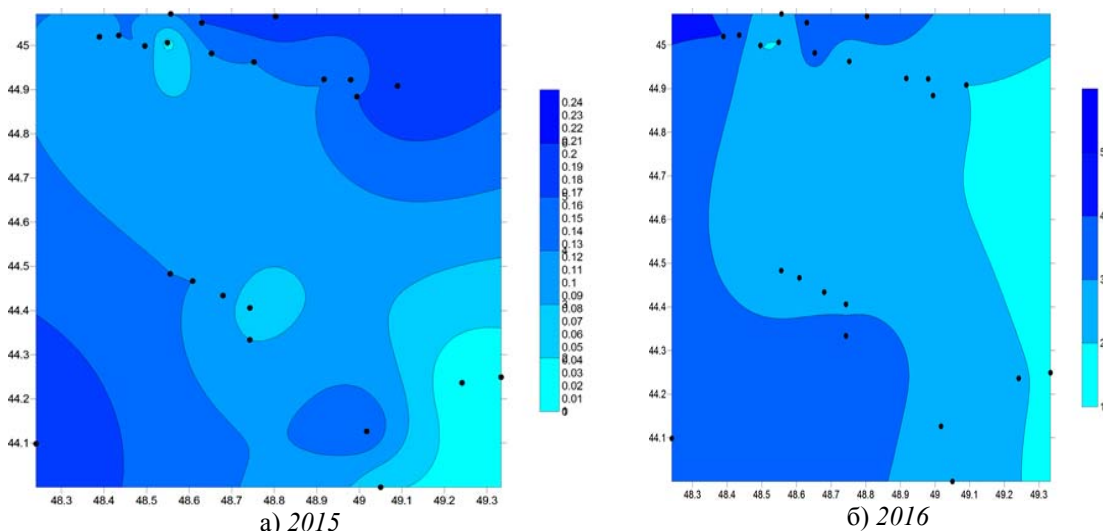
Для этого использовали следующие показатели: общее количество бактериальных клеток, определенное методом прямого счета; количество сапротрофных бактерий, определенное методом посева на мясопептонную агаризованную среду; индекс, или коэффициент Разумова (отношение первого показателя ко второму). Результаты определения класса качества воды и ее сапробности представлены на рисунках 12 и 13.



а) индекс Кр /index Кр, 2015

б) индекс Кр/ index Кр, 2016

**Рис. 12. Индекс Разумова Кр в водных образцах в 2015 (а)-2016 (б)**  
**Fig. 12. Index of Razumova Kp in the water samples in 2015 (a)-2016 (b)**



а) 2015

б) 2016

**Рис. 13. Классы качества водных образцов в 2015 (а)-2016 (б) гг.**  
**Fig. 13. Quality classes of water samples in 2015 (a)-2016 (b) years**

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные в ходе исследований данные об изменении общей численности микроорганизмов в воде изученных структур с 2015 по 2016 год свидетельствуют о наличии тенденции к уменьшению данного показателя. Средняя концентрация уменьшилась приблизительно на 18%, однако максимальные значения общей численности в воде сократилась в 1,8 раза. При этом общая концентрация микроорганизмов в самой «чистой» точке возросла в 10,84 раза. Таким образом, в пробах воды, отобранных на ана-

лиз в 2016 г., данный показатель имеет более равномерное распределение.

Аналогичная тенденция выявлена и при анализе общей численности микроорганизмов в донных отложениях исследуемых структур. Максимальные значения данного показателя выросли за изученный период в 1,6-15,7 раза, минимальные увеличились в 2,5-10,4 раза.

Анализируя изменение численности сапротрофов в период с 2015 по 2016 г., необходимо отметить существенное сниже-



ние средней численности данной группы в воде изученных структур в 1,6 раза, в донных отложениях – в 10,5 раза. При этом максимальная численность сапротрофов в водных пробах увеличилась за год в 1,8 раза, в пробах грунта уменьшилась в 8,4 раза. Полученные данные могут свидетельствовать о снижении количества легкодоступного органического вещества в водной фазе и в грунте вследствие как биологических процессов самоочищения, так и физико-химических. Максимальные концентрации сапротрофов могут быть связаны с близостью точек отбора проб к источникам органического загрязнения, либо с завершением процессов деструкции нефтяных загрязнений.

Сравнивая содержание нефтеокисляющих микроорганизмов в пробах воды исследуемых структур, в целом можно отметить уменьшение их количества. Замечена тенденция перехода высоких концентраций данной группы микроорганизмов из водной составляющей – в донную. Концентрации в придонном горизонте выросли примерно в 1,7-2,7 раза. Максимальные концентрации в водном горизонте превышают средние в 9–11 раз, в придонном горизонте – в 5 раз в 2015 и в 10 – в 2016 году. Полученные результаты могут свидетельствовать об успешной биodeградации легких углеводородов до более простых соединений, снижении количества первых в водной среде и, как следствие, снижении концентрации нефтеокисляющих бактерий [13]. Более тяжелые фракции разлагаются сложнее и, опускаясь в придонный горизонт, аккумулируются в последнем, вызывая рост численности соответствующей микрофлоры. Возможно, с этим и связана разнонаправленность тенденций изменения численности нефтеокисляющих бактерий в водном и придонном горизонтах. В то же время в водной среде завершающие процессы деструкции органики связаны с деятельностью сапрофитной микрофлоры, рост численности которой в отдельных точках зафиксирован в 2016 г.

При оценке численности фенолоокисляющих микроорганизмов также выявлена общая тенденция снижения их количества с 2015 по 2016 гг.: в воде исследуемых струк-

тур в 10 раз, в грунте – в 22-28 раз, что также связано с заключительными этапами микробной деструкции фенольных компонентов нефти.

Сопоставляя средние концентрации нефте- и фенолоокисляющих бактерий, можно констатировать преобладание (почти в 2 раза) нефтеокисляющих по сравнению с фенолоокисляющими в 2015 году. В придонном горизонте в 2015 году количество обеих групп практически одинаково. В 2016 – в водном горизонте нефтеокисляющих и фенолоокисляющих бактерий примерно одинаковое небольшое количество – около 20 кл/мл, а в придонном слое нефтеокисляющих в 3 раза больше, чем фенолоокисляющих, но не более 60 кл/г донных отложений.

Сульфатредуцирующие бактерии обнаружены в минимальных концентрациях (единичные клетки в мл) в отдельных точках при анализе проб воды большинства изученных структур, за исключением структуры Хвалынская. Закономерно их преобладание в донных отложениях. При этом концентрации сульфатредуцирующих бактерий в исследуемых пробах грунта в 2015 сопоставимы с концентрациями нефте- и фенолоокисляющих микроорганизмов. В 2016 отмечено уменьшение численности данной группы в образцах грунта приблизительно в 15 раз по сравнению с 2015 г.

За изученный период доля исследованных проб воды, отнесенных по данным микробиологического анализа ко II-III классам качества, возросла на 43,5%, отнесенных к III-IV – уменьшилась на 21,77%. В 2015 г. 26% исследованных проб воды были отнесены к V классу качества, в 2016 г. проб воды такого качества не выявлено.

Таким образом, в ходе исследований в рамках постпроизводственного мониторинга районов поисково-оценочного бурения в 2015-2016 гг. определены общая численность микроорганизмов в воде и донных отложениях, а также соотношение индикаторных групп микроорганизмов в пробах, отобранных в акватории четырех структур Северного Каспия. Полученные данные позволили произвести оценку качества водной среды в исследуемых районах.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зайцев В.Ф., Монахов С.К., Курапов А.А. Экологический мониторинг Каспийского моря в Российской Федерации // Вестник АГТУ. 2008. № (47). С.195–199.



2. Курапов А.А., Умербаева Р.И., Гриднева В.В. Микроорганизмы в процессах деструкции нефти в водоемах // Юг России: экология, развитие. 2010, Т. 5, N4. С. 86–88. DOI:10.18470/1992-1098-2010-4-86-88
3. Куликова И.Ю. Микробиологическая оценка вод Северного Каспия в условиях освоения месторождений углеводородного сырья // Исследовано в России: электр. научный журнал <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2005/118.pdf> (дата обращения 13.05.2017)
4. Сокольский А.Ф., Винникова В.Н., Петровичева Е.В., Умербаева Р.И., Сокольская Е.А., Абдурахманов Г.А., Панков А.Г. Многолетние изменения в состоянии микрофлоры и оценка трофического статуса Северного Каспия // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2008. N7. С. 46–49.
5. Островская Е.В., Колмыков Е.В., Холина О.И., Пронина Т.С. Углеводороды в воде и донных отложениях Северного Каспия // Юг России: экология, развитие. 2016, Т. 11, N1. С. 137–148. DOI:10.18470/1992-1098-2016-1-137-148.
6. Tait R.D. Benthos response following petroleum exploration in the southern Caspian Sea: Relating effects of nonaqueous drilling fluid, water depth, and dissolved oxygen // Marine Pollution Bulletin. 2016. V. 110. P. 520–527. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2016.02.079
7. ГОСТ 17.1.5.05-85 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков», 1986, 12 с.
8. ГОСТ 17.1.5.01-80. «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность», 1982, 5 с.
9. Теппер Е.З. Практикум по микробиологии: под ред. Г.И. Переверзевой. Москва: Дрофа, 2004. 256 с.
10. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В.А. Аббакумова Ленинград: Гидрометеоздат, 1983. 240 с.
11. ГОСТ 17.1.3.07-82 Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков, 1982, 10 с.
12. Методы общей бактериологии: Пер. с англ. / Под ред. Ф. Герхардта и др. Москва: Мир, 1984. 264 с.
13. Гриднева В.В., Куликова И.Ю. Аборигенные углеводородоокисляющие микроорганизмы в биоремедиации Северного Каспия от нефтяного загрязнения // Юг России: экология, развитие. 2010, Т. 5. N4. С. 78–80. DOI:10.18470/1992-1098-2010-4-78-80

## REFERENCES

1. Zaitsev V.F., Monakhov S.K., Kurapov A.A. Ecological monitoring of the Caspian Sea in the Russian Federation. Vestnik AGTU [Vestnik of Astrakhan State Technical University]. 2008. Vol. 47, no. 6. pp. 195–199.
2. Kurapov A.A., Umerbaeva R.I., Gridneva V.V. Microorganisms in processes of the destruction of oil in reservoirs. South of Russia: ecology, development. 2010. Vol. 5, no. 4. pp. 86–88. (In Russian) DOI:10.18470/1992-1098-2010-4-86-88
3. Kulikova I.Yu. [Microbiological assessment of the waters of the Northern Caspian in conditions of development of hydrocarbon deposits]. Issledovano v Rossii. Available at: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2005/118.pdf> (accessed 13.05.2017)
4. Sokol'sky A.F., Vinnikova V.N., Petrovicheva E.V., Umerbaeva R.I., Sokol'skaya E.A., Abdurakhmanov G.A., Pankov A.G. Long-term changes in the condition of microflora and estimation of the North Caspy trophic status. Zashchita okruzhayushchei sredy v neftegazovom komplekse [Environmental protection in oil and gas complex]. 2008. no. 7. pp. 46–49. (In Russian)
5. Ostrovskaya E.V., Kolmykov E. V., Kholina O. I., Pronina T.S. Hydrocarbon pollution in the north-western part of the Caspian Sea. South of Russia: ecology, development. 2016. Vol. 11, no. 1. pp. 137–148. (In Russian) DOI:10.18470/1992-1098-2016-1-137-148.
6. Tait R.D. Benthos response following petroleum exploration in the southern Caspian Sea: Relating effects of nonaqueous drilling fluid, water depth, and dissolved oxygen. Marine Pollution Bulletin. 2016. Vol. 110. pp. 520–527. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2016.02.079
7. GOST 17.1.5.05-85 Nature protection. Hydrosphere. General requirements for surface and waters, ice and atmosphere precipitation sampling. 1986. 12 p. (In Russian)
8. GOST 17.1.5.01-80. Nature protection. Hydrosphere. General requirements for sampling of bottom sediments of water objects for their pollution analysis. 1982. 5 p. (In Russian)
9. Tepper E.Z. Praktikum po mikrobiologii [Workshop on microbiology]. Moscow, Drofa Publ., 2004. 256 p.
10. Abbakumov V.A., ed. Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod i donnykh otlozhenii [Manual of Methods for hydrobiological analysis of surface waters and sediments]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1983. 240 p.
11. GOST 17.1.3.07-82 Nature protection. Hydrosphere. Procedures for quality control of water in reservoirs and stream flows. 1982, 10 p. (In Russian)
12. Gerkhardt F. ed., Metody obshchei bakteriologii [Manual of Methods for General Bacteriology]. Moscow, Mir Publ., 1984. 264 p.
13. Gridneva V.V., Kulikova I.J. Native carbonoxidation microorganisms in bioremedietion Northern Caspian Sea from oil pollution. South of Russia: ecology, development. 2010, vol. 5, no. 4. pp. 78–80. (In Russian) DOI:10.18470/1992-1098-2010-4-78-80



## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

### Принадлежность к организации

**Ольга В. Колотова\*** – к.т.н., доцент кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности Волгоградского государственного технического университета, пр. Ленина, 28, г. Волгоград, 400131, Россия, тел.: +7(8442)248441; e-mail: olgakolotova@mail.ru

**Ирина В. Соколова** – к.б.н., доцент кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, Россия.

**Ирина В. Владимцева** – д.б.н., профессор кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, Россия, e-mail: alexvlad32@yandex.ru

**Евгения О. Шмелева** – магистрант кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, Россия.

**Никита Б. Водовский** – научный сотрудник Каспийского филиала ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова» РАН, (+78512) 544559; ул. Савушкина, 6 корп. 27, г. Астрахань, 414056 Россия, e-mail: vodovsky@rambler.ru

### Критерии авторства

Ольга В. Колотова обработала пробы воды и донных отложений, написала рукопись, обработала статистические данные; Ирина В. Соколова обработала пробы воды и донных отложений, обработала статистические данные, написала рукопись; Ирина В. Владимцева написала рукопись, принимала участие в обсуждении результатов; Никита Б. Водовский предоставил материал для мониторинговых исследований, обработал статистический материал в графический, Евгения О. Шмелева принимала участие в обработке данных и оформлении материалов. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других неэтических проблем.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 16.06.2017

Принята в печать 31.07.2017

## AUTHORS INFORMATION

### Affiliations

**Olga V. Kolotova\*** – Ph.D. in Technics, Associate Professor at the Department of Industrial Ecology and Life Safety of the Volgograd State Technical University, 28 Lenina Ave., Volgograd, 400131, Russia, tel.: +7(8442)248441; e-mail: olgakolotova@mail.ru

**Irina V. Sokolova** – Ph.D. in Biology, Associate Professor at the Department of Industrial Ecology and Life Safety of the Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia.

**Irina V. Vladimtseva** – Doctor of Biological Sciences, Professor at the Department of Industrial Ecology and Life Safety of the Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia, e-mail: alexvlad32@yandex.ru

**Evgenia O. Shmeleva** – Master of Science at the department of Industrial Ecology and Life Safety of Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia.

**Nikita B. Vodovsky** – Research Fellow at the Caspian Branch of the Federal Publicly Funded Institution of Science “The Institute of Oceanology named after P.P. Shirshov”, Russian Academy of Sciences, Savushkina st., 6 bldg. 27, Astrakhan, 414056 Russia, e-mail: vodovsky@rambler.ru

### Contribution

Olga V. Kolotova conducted an analysis on the water samples and bottom sediments, wrote the manuscript and analyzed statistical data; Irina V. Sokolova conducted an analysis on the samples of water and bottom sediments, analyzed statistical data, wrote the manuscript; Irina V. Vladimtseva wrote the manuscript, participated in the discussion on the findings; Nikita B. Vodovsky provided materials for monitoring studies, transformed statistical materials into graphic; Evgenia O. Shmeleva participated in conducting the analysis of data and design of the materials. All authors are equally responsible for avoiding the plagiarism, self-plagiarism or any other unethical issues.

### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 16.06.2017

Accepted for publication 31.07.2017