

Н.М.Иванютин<sup>1</sup>, А.А.Пасынков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НИИ сельского хозяйства Крыма, г.Симферополь

<sup>2</sup>Крымский Федеральный университет им.В.И.Вернадского, г.Симферополь

### СИСТЕМА МОНИТОРИНГА РАЙОНОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В ЧЕРНОМ МОРЕ

Основной целью работы было установление экологического состояния геологической среды в районах поиска и добычи углеводородного сырья, а также разработка системы мониторинга этих участков. В ходе проведенных комплексных экспедиционных исследований было выявлено загрязнение этих районов различными поллютантами. В донных отложениях зафиксированы: нефтепродукты (НП) (выявлены на 19 станциях, в том числе на 3 фоновых, с максимальной концентрацией, превышающей нормативы в 17 раз), кадмий (выявлен на 7 станциях, в том числе на 1 фоновой, с концентрацией 7,95, на фоновой станции – 3,9 ПДК). В водной среде, как и в донных отложениях, основным загрязнителем были НП, которые были выявлены на 14 станциях, в том числе на 4 фоновых. Концентрация НП достигала 10 ПДК в поверхностном и 6 ПДК в придонном водном горизонте. Приведена карта-схема точек наблюдения мониторинговой сети, предлагаемой авторами, а также перечень мероприятий, который необходимо выполнять для сохранения экологического состояния региона.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** углеводородное сырье, мониторинг, поллютанты, экологическое состояние, шельф, Черное море

doi: 10.22449/2413-5577-2019-3-37-51

**Введение.** Согласно Конвенции по защите Черного моря (1992 г.) [1] все приморские государства несут моральную и юридическую ответственность за сохранение и возобновление ресурсов моря в рамках международного права. Этот документ предполагает разработку и применение на практике новых методов наблюдения и контроля для предотвращения и уменьшения загрязнения морской среды, в том числе от источников, расположенных на суше, а также указывает на трансграничные перемещения опасных отходов, регламентирует сброс в море загрязняющих веществ.

Наиболее полная характеристика принципов комплексного мониторинга и рекомендации по проведению комплексных региональных геоэкологических исследований содержатся в «Руководящих принципах мониторинга и оценки трансграничных рек» [2], разработанных целевой группой по мониторингу и оценке Европейской экономической комиссией ООН и принятые 23 – 25 марта 2000 г. на втором совещании Сторон «Конвенции» в г.Гаага, Нидерланды.

Освоение месторождений углеводородного сырья на черноморском шельфе началось в 1972 г. с бурения первых разведочных скважин в северо-западной части. В 1974 г. было открыто первое в Черном море месторождение углеводородов – Голицынское газоконденсатное (ГКМ). В 1979 г. была

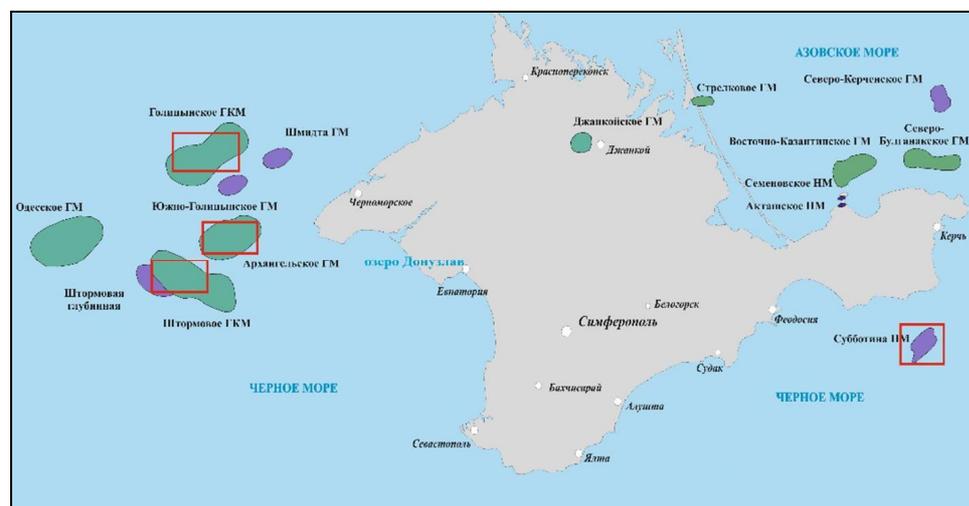
© Н.М.Иванютин, А.А.Пасынков, 2019

*Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2019. вып.3. С.37-51.*

введена в эксплуатацию первая самоподъемная плавучая буровая установка (СПБУ) «Сиваш» и начато обустройство Голицынского ГКМ. В 1983 г. завершилось строительство первой нитки морского газопровода Голицыно – берег и началась добыча с Голицынского ГКМ. В 1992 и 1993 гг. были введены в разработку Архангельское и Штормовое месторождения. В 2004 г. начинается бурение первой параметрической скважины на площади Субботина, а в 2006 – 2009 гг. прошел начальный этап обустройства Субботинского нефтяного месторождения. В 2010 г. начато дообустройство Голицынского ГКМ и Архангельского ГМ, которое продолжалось один год. В 2012 г. завершилось строительство самого протяженного в истории Крыма 83-километрового подводного газопровода, который соединил платформу БК-1 Одесского месторождения и морскую стационарную платформу МСП-4 Голицынского месторождения.

Всего в северо-западной части было открыто восемь газовых и газоконденсатных месторождений, а также выявлено немало высокоперспективных структур. В настоящий момент на шельфе Черного и Азовского морей и в сухопутной части Крыма «Черноморнефтегаз» разрабатывает два газоконденсатных (Голицынский и Штормовое), семь газовых (Архангельское, Стрелковое, Джанкойское, Задорненское, Восточно-Казантипское, Северо-Булганакское и Одесское) и одно нефтяное (Семеновское) месторождения.

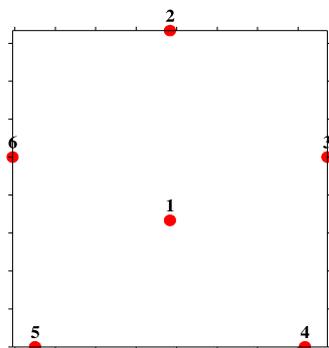
**Материалы и методы.** Для установления экологического состояния изучаемых районов было проведено 4 морских комплексных экспедиции (рис.1): площади Штормовая, Архангельская, Голицына (северо-западная часть шельфа Черного моря), Субботина (северо-восточная часть Черного моря). Для изучения экологического состояния исследуемых участков были



Условные обозначения

- действующие газовые (ГМ) и газоконденсатные (ГКМ) месторождения
- обустраиваемые и готовящиеся к обустройству газовые и нефтяные месторождения
- районы проведения исследований

Р и с . 1 . Карта схема районов проведения исследований.



Р и с . 2 . Схема расположе-  
ния станций отбора проб.

отобраны пробы: донных отложений, воды (поверхностный и придонный слой), зоо- и фитопланктона, зоо- и фитобентоса.

В каждом из исследованных районов выполнялся пробоотбор по сети из 6 основных и 2 фоновых станций. Основные станции 1 – 6 были размещены по системе «звезда» (рис.2), при этом центральная станция располагалась в месте бурения эксплуатационной скважины, а остальные были удалены от центральной точки на 500 м, что позволило выявить полиэлементные ареалы и степень техногенного загрязнения как водной среды, так и донных отложений.

Отбор проб донных осадков выполнялся в соответствии с ГОСТ 17.1.5.01-80 [3]. Количество апробируемых горизонтов морских вод по вертикали устанавливалось согласно ГОСТ 17.1.3.07-82 [4, п.1.13], согласно которому пробы отбирались из поверхностного и придонного горизонтов.

Учитывая специфику и опыт проведения экологических исследований при производстве буровых работ, в донных осадках и воде определялись: нефтепродукты (НП), СПАВ, фенолы, металлы и их соединения: ртуть, свинец, медь, кадмий, хром.

Гидробиологические исследования зоопланктона и зообентоса проводились согласно [4, прил.3, п.2]. Зоопланктон собирали Большой сетью Джели с диаметром входного отверстия 36 см, оснащенной мельничным газом с размером ячеек 140 микрон.

Лабораторные работы включали в себя химико-аналитические определения гидрохимических и геохимических характеристик водной толщи и донных осадков. Химический анализ проб воды и донных отложений был выполнен в аккредитованных лабораториях Республиканского комитета охраны природы и лаборатории Украинского государственного геологоразведочного института с применением метрологически аттестованных методик.

Для морских донных отложений в России в настоящее время не существует нормативно закрепленных характеристик их качества по уровню концентрации загрязняющих веществ, поэтому оценка степени загрязнения донных отложений в районе исследования проводилась в соответствии с критериями экологической оценки загрязненности грунтов по «голландским листам» [5], а также по [6], в которых приведены допустимые концентрации (ДК) загрязняющих веществ. Котельянец Е.А. и др. [7] также рекомендует сравнивать полученные значения с величинами среднего содержания элементов в мелководных осадках Чёрного моря [8] или с фоновыми значениями для изучаемых морских систем [9].

Оценка экологического состояния водной толщи проводилась в соответствии с [10], где представлены нормы ПДК вредных веществ для вод водных объектов рыбохозяйственного значения.

**Результаты и их обсуждение.** Комплексные экологические исследования в районах проведения нефтегазоразведочных работ и добычи полезных ископаемых были направлены на выявление специфических поллютантов,

которые сопряжены с процессом обустройства буровых и эксплуатационных скважин и могут оказывать негативное воздействие на окружающую среду.

**Архангельское газовое месторождение. Донные отложения.** Содержание НП во всех пробах донных отложений, за исключением фоновой, превышало допустимые значения, достигая 123 мг/кг (2,46 ДК) на ст.4. Концентрация кадмия на всех станциях, включая фоновую, достигало значений 3,9 (ст.4, 7) – 7,95 ДК (ст.1). Концентрация остальных исследуемых элементов не превышала нормативных значений [11].

**Водная среда.** Концентрация НП в пробах воды на большинстве станций не превышала значений рыбохозяйственного ПДК для морских водоемов (0,05 мг/дм<sup>3</sup>). Незначительное превышение отмечено в поверхностном слое на ст.1 (1,04 ПДК) и ст.2 (1 ПДК). В пробах придонного слоя воды небольшое превышение ПДК наблюдалось на ст.1 (1,26 ПДК) и ст.4 (1,36 ПДК). Максимальные значения содержания НП зафиксированы в придонных водах ст.4, где также было отмечено их самое высокое содержание в донных отложениях [11]. Концентрация остальных элементов находилась ниже значений ПДК, только содержание меди в придонных водах на ст.4 и 6 достигали значений, близких к нормативным: 0,98 и 0,96 ПДК соответственно.

**Голицыньское газоконденсатное месторождение. Донные отложения.** На всех станциях пробоотбора содержание НП превышало допустимые нормы в 5 – 17 раз. Особенно важно то, что повышенная концентрация НП была обнаружена на фоновых ст.7 (5 ДК) и ст.8 (6,4 ДК), что может быть связано с интенсивным судоходством в регионе. Концентрация всех исследуемых тяжелых металлов в донных отложениях не превышала допустимых норм [11].

**Водная среда.** Анализируя результаты химического анализа проб воды, можно отметить, что придонные воды были загрязнены в большей степени, чем поверхностные. Так, в придонном горизонте, на ст.1, 3, 4 было зафиксировано присутствие меди от 1 ПДК на ст.3 до 7 – 7,4 ПДК на ст.4 и 1. Свинец с концентрацией 1,9; 2,0; 1,2 ПДК был выявлен на ст.1, 2, 3 соответственно. В поверхностных водах были выявлены медь на ст.2 (1,8 ПДК) и ст.3 (1 ПДК), а также свинец на ст.1 (3,8 ПДК) и ст.5 (1,5 ПДК). Медь и свинец в повышенной концентрации были зафиксированы и на фоновых станциях. Содержание кадмия, ртути и хрома не превышали допустимых значений. Нефтепродукты с концентрацией, близкой к ПДК, были зафиксированы в поверхностных водах на ст.3 и 4 [12].

**Штурмовое газоконденсатное месторождение. Донные отложения.** Анализируя полученные результаты можно отметить, что концентрация всех исследуемых элементов в донных отложениях не превышала нормативных значений.

Ретроспективный анализ (2003 – 2007 гг.) показал, что содержание НП в донных отложениях изменялось в широком диапазоне: от 0,00198 до 0,038 мг/кг.

Содержание ртути не превышало допустимых значений. По ретроспективным данным содержание ртути в донных отложениях в районе исследований составляло 0,01 – 0,27 мг/кг.

Концентрация меди по всем станциям составляла менее 0,2 мг/кг и не превышала значений ДК (35 мг/кг). По результатам исследований 2006 г. в

донных отложениях содержание меди составляло 8,03 – 22,5 мг/кг, что также ниже нормативной величины.

Таким образом, содержание в донных отложениях района Штормового ГКМ тяжелых металлов достаточно низкое и не превышает нормативных значений и величин геохимического фона, характерного для осадков Черного моря [13].

*Водная среда.* Анализ результатов химического анализа проб показал, что в 2006 г. в поверхностном слое воды концентрация суммарных НП изменялась в пределах 0,042 – 0,133 мг/дм<sup>3</sup>, придонном 0,055 – 0,130 мг/дм<sup>3</sup>. НП, содержащиеся в воде, были представлены, главным образом, нефтеуглеводородами, количество которых в среднем составило 95 %.

Содержание в воде СПАВ, железа, кадмия, ртути не превышало значительный ПДК.

Содержание меди на всех станциях было ниже ПДК (0,005 мг/дм<sup>3</sup>) за исключением поверхностной и придонной воды на ст.3, где ее концентрация соответственно равна 1 и 2 ПДК [13].

Концентрация свинца на всех станциях находилась ниже допустимых значений, кроме придонной воды на ст.2, где содержание этого элемента составляло 1 ПДК.

Содержание фенолов в воде отличалось аномально повышенной концентрацией на всех исследуемых станциях и колебалось от 3 – 13 ПДК в придонном горизонте вод и до 10 – 27 ПДК в поверхностном слое.

*Площадь Субботина. Донные отложения.* Анализ результатов химического анализа проб донных отложений на площади Субботина показал, что концентрация свинца, кадмия, хрома, мышьяка, СПАВ находились ниже допустимого уровня.

Содержание меди находилось ниже ДК, кроме пробы № 2, в которой концентрация достигала 48,8 мг/кг (1,39 ДК).

Содержание НП во всех пробах, включая фоновую ст.6, превышало норматив в несколько раз. На ст.1 – в 2,8, ст.2 – в 1,33, ст.3 – в 1,93, ст.4 – в 1,16, ст.6 (фоновая) – в 1,37 раза [14, 15].

*Водная среда.* Анализ распределения концентраций элементов показал, что содержание в воде меди, свинца, кадмия, хрома, ртути, СПАВ не превышало ПДК.

Концентрация НП и фенолов на большинстве станций, включая фоновые, были выше ПДК. Так, концентрация фенолов в поверхностном горизонте вод находились в пределах нормы, а в придонных водах на всех станциях превышала нормативы в 1 – 8 раз. Содержание НП в обоих горизонтах составляло 0,1 – 0,4 мг/дм<sup>3</sup>, что выше значения ПДК в 2 – 10 раз [14, 15].

По данным [16, 17] общее загрязнение морской среды этими поллютантами не обусловлено катастрофическим аварийным разливом НП в Керченском проливе при аварии, произошедшей 11 ноября 2007 г., но, возможно, может быть связано с дампингом отвального грунта из Керченского пролива (рис.3). Дампинг грунтов дноуглубления, по данным [18, 19], влияет на заиление больших пространств дна, а также является загрязнителем вод и донных отложений акваторий подводных свалок захоронения грунтов, изъятых в зонах портовых комплексов и подходных каналов. Дноуглубление и



Р и с . 3 . Действующие районы свалок грунтов дноуглубительных работ.

зоны дампинга представляют собой очаги экологической опасности. Об этом также свидетельствуют повышенное содержание НП на фоновых станциях – там, где загрязнение не может быть обусловлено хозяйственной деятельностью ГАО «Черноморнефтегаз».

**Ретроспективный анализ динамики содержаний тяжелых металлов и нефтепродуктов на северо-западном шельфе Черного моря.** В основу ретроспективного анализа вошли результаты исследований, проведенные специалистами Южного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ЮгНИРО) (сейчас Азово-Черноморский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии – АзНИИРХ) и Института биологии южных морей [17, 20 – 22]. Пробы поверхностных вод и донных осадков отбирались до бурения скважин, после бурения (в одних и тех же точках), а также в процессе мониторинга эксплуатационных платформ.

**Донные отложения.** По данным мониторинговых исследований ЮгНИРО в 1996 г. концентрация ртути в донных осадках составляла 0,07 мг/кг, а в 2002 г. находилась в пределах фоновых флуктуаций для северо-западного шельфа Черного моря [17, 20].

Среднее содержание свинца в донных осадках составляло 8,86 мг/кг, при достаточно широком диапазоне концентраций 3,9 – 18,8 мг/кг. Пространственное распределение свинца в осадках мозаично. Максимальные его концентрации были локализованы возле МСП Голицына-4 (18,8 мг/кг).

В 2002 г. на исследуемой акватории были зафиксированы повышенные значения содержания НП. В донных осадках по результатам съемки средняя концентрация НП составляла 110,8 мг/кг, при широком диапазоне концентрации от 2 до 390 мг/кг. Если сравнивать концентрацию НП с данными 1996 г., то следует отметить, что их содержание, хотя и снизилось в 2,4 раза, но все равно превышало норму в 7,8 раза.

О масштабах загрязнения северо-западного шельфа в начале освоения газовых месторождений можно судить по следующим цифрам. Исследования ИнБЮМ показали, что диапазон содержания НП в донных отложениях Каркинитского залива в период 1988 – 1990 гг. составлял 270 – 1980 мг/кг. Экстремальная (экологически опасная) концентрация НП в донных отложениях (3500 – 6500 мг/кг) фиксировались в 1987 г. и была приурочена к периоду установки буровых платформ и начала бурения [23].

В донных осадках в 2002 г. средняя концентрация НП составила 110,8 мг/кг (ДК для стран объединенной Европы – 50 мг/кг) при широком диапазоне концентрации от 2,0 до 390,0 мг/кг. В 1996 г. по данным ЮгНИРО средняя концентрация НП в донных осадках составляла 940,0 мг/кг, а в 1995 г. – 870,0 мг/кг. В сентябре 1993 г. была зафиксирована экстремально высокая концентрация НП (11,02 мг/г с.в.) на МСП «Шмидта-6», что и послужило одной из причин ее консервации.

При отсутствии аварийных ситуаций, сопровождаемых залповыми выбросами загрязняющих веществ, геоэкологическая эволюция этой части акватории Черного моря определяется преимущественно естественно-историческими и природными процессами, отличающимися сбалансированностью и самодостаточностью.

*Водная среда.* По данным мониторинговых исследований ЮгНИРО в 1996 г. концентрация ртути в поверхностном слое вод находилась в пределах  $0,00002 - 0,00016$  мг/дм<sup>3</sup>, в придонном –  $0,00001 - 0,0001$  мг/дм<sup>3</sup> [17].

Свинец в поверхностном слое воды был обнаружен только на двух станциях в концентрации, значительно ниже ПДК. При сравнении полученных результатов с ретроспективными данными, а также данными предыдущих мониторинговых исследований можно отметить, что были зафиксированы наименьшие концентрации свинца в донных отложениях данного района.

Начальный период активного освоения района газодобычи (1987 – 1989 гг.) характеризовался небольшим ростом загрязнения водной среды нефтепродуктами – до 1,6 – 2,8 ПДК. В апреле 1989 г. после завершения строительства МСП «Каркинитская-19» в центральной части залива содержание НП составило 1,6 – 2,7 ПДК, но уже через месяц после начала разведочного бурения их концентрация вокруг МСП в радиусе 1200 м превышала ПДК в 5 – 26,5 раз. При этом непосредственно возле самой буровой концентрация НП достигла в воде поверхностного горизонта 110 ПДК, а придонного – 265 ПДК. В течение 1990 – 1996 гг. имела место тенденция снижения содержания НП до  $0,01 - 0,05$  мг/дм<sup>3</sup>, только в зонах действующих МСП в придонном слое воды их концентрация превышала нормативную величину в 13– 14 раз [23].

В 1998 – 2001 гг. было выявлено более высокое содержание НП в акватории моря. По данным геоэкологической съемки в мае 2001 г. аномально высокая концентрация НП приурочена к трубопроводу Голицыно – берег. В районе других скважин концентрация НП не превышала  $0,5$  мг/дм<sup>3</sup> (10 ПДК). На фоновых станциях содержание составляло 2 – 6 ПДК [23].

Резюмируя вышесказанное о состоянии загрязненности экосистемы нефтяными углеводородами, отметим, что на северо-западном шельфе Черного моря в районах расположения объектов нефтегазового комплекса осу-

ществляется активная техногенная деятельность, связанная, в первую очередь, с работой флота, обеспечением и освоением новых структур.

Большую роль в составе донных осадков и, особенно, в их загрязнении вредными веществами оказывает сток рек, с которым в море поступают вещества с весьма отдаленных от берега участков. Основными загрязнителями являются промышленная и сельскохозяйственная деятельность, судоходство, транспорт. В морских осадках аккумулируются привносимые в бассейн загрязняющие вещества (тяжелые металлы, НП, радионуклиды и другие поллютанты).

Всестороннее изучение форм переноса микроэлементов с речным стоком позволили Н.М.Страхову [24] выделить три группы микроэлементов. В первую группу вошли наименее геохимически подвижные элементы – Ti, Zr, Cr, V, – которые поступают в морскую среду во взвешенной форме в грубых фракциях. Ко второй группе он отнес Mn, Fe, Ni, Co, Cu, Mo, W, As, Se, CaCO<sub>3</sub>, U, C<sub>орг</sub>, P, которые поступают большей частью в растворенной форме и приурочены к пелитовой фракции взвеси. В третью группу вошли Pb и Zn, которые распределяются в осадках не закономерно, мозаично. По поведению в процессе осадконакопления они ближе стоят ко второй группе, так как выявлена их четкая приуроченность к пелитовой фракции. Приведенные закономерности миграции и осадконакопления элементов должны учитываться при оценке степени загрязнения ими донных осадков.

Следует отметить характерную для всей исследованной акватории общую закономерность – снижение во времени (на один порядок в течение последних лет) в придонном слое вод концентраций ртути. Возможно, это связано с эксплуатацией МСП, так как при выработке месторождений происходит постепенное снижение пластовых давлений флюида и уменьшение эманацій из недр подвижного диметила ртути. При этом в донных осадках динамика валовой ртути характеризуется статичностью, либо флуктуационными колебаниями.

Причинами нестационарности геохимических полей металлов в пространстве и времени являются техногенез, естественные литодинамические, биогеохимические и эндогенные процессы, гипоксии и др. Снижение концентраций возможно в результате уменьшения приходной части баланса элементов (включающего для данной акватории, в первую очередь, техногенное загрязнение и поступление из недр), либо увеличение в данной части акватории расходной части (гипоксийное, биохимическое выщелачивание и миграция). Роль и вклад каждого фактора необходимо определить будущими исследованиями.

**Мониторинг районов разведки и добычи углеводородного сырья.** В настоящее время вопросы загрязнения окружающей природной среды (морских экосистем) от разработки нефтегазовых месторождений, расположенных в морях и океанах, несмотря на их нахождение в границах разрабатывающих их государств относится к международной юрисдикции (т.к. конституция Российской Федерации признает приоритет норм международного права перед национальным законодательством).

Сейчас особое значение в международном и российском природоохранном законодательстве имеет Стокгольмская декларация [25] по окружаю-

щей среде, которая была принята 16 июня 1972 г. на Конференции ООН по проблемам окружающей среды.

Основные международные принципы в отношении ущерба, нанесенного морской среде, и его возмещение, вопросы взаимного оперативного информирования о случаях загрязнений морей и побережий, принцип «загрязнитель платит», необходимость полного возмещения причиненного ущерба, недопустимость трансграничного ущерба, сотрудничества в целях ликвидации последствий загрязнения и предотвращения или сведения до минимума ущерба обобщены в Конвенции ООН по морскому праву [26] (принята в Монтего-Бей 10 декабря 1982 г.).

Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер [1] (заключена в Хельсинки 17 марта 1992 г.) направлена на сохранение трансграничных вод, предотвращение и сокращение их загрязнения, использование исключительно в целях экологически обоснованного и рационального управления водными ресурсами.

Наиболее важным документом, посвященным совместным мерам по предотвращению и сокращению загрязнения морской среды Черного моря и борьбы с ним, является подписанная в 1992 г. в Бухаресте (Румыния) международная «Конвенция о защите Чёрного моря от загрязнения» [27].

Также в рамках проекта «EMBLAS-Plus» (Улучшение мониторинга окружающей среды в Черном море – специальные меры) проводятся работы по улучшению доступности и обмену данными о морской среде из национальных и совместных региональных программ мониторинга в соответствии с принципами Рамочной директивы по морской стратегии, Водной рамочной директивы ЕС и Черноморской комплексной программы мониторинга и оценки (BSIMAP).

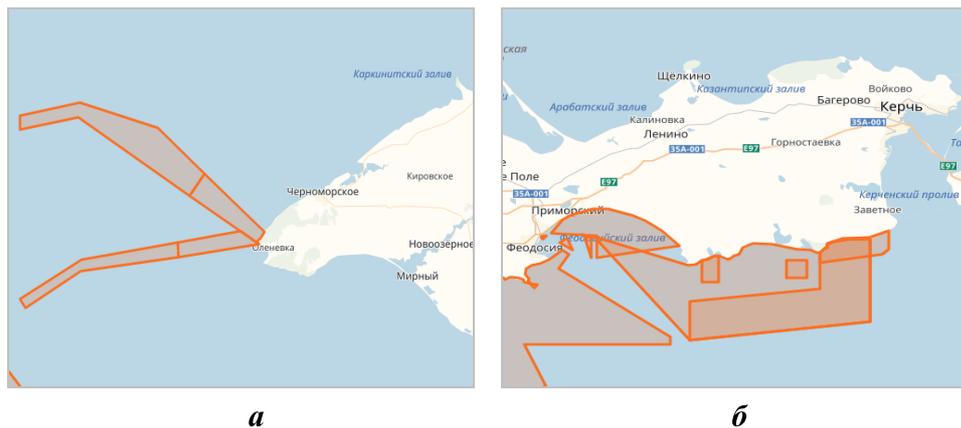
Так как Черное море имеет статус международного, то и к использованию его ресурсов (биологических и минеральных) необходимо подходить со всей ответственностью (использование комплексного принципа в изучении антропогенной нагрузки и выработке мероприятий по улучшению экологического состояния его акватории).

У побережья Крыма регулярный мониторинг гидрохимического режима и загрязнения вод проводится на акватории Севастопольской и Балаклавской бухт, на акватории порта Ялта, а также в Керченском проливе. Районы эксплуатации месторождений углеводородов, расположенных на северо-западном и юго-восточном шельфе, государственным мониторингом не охвачены. Возможно, эти работы выполняются в рамках разработки оценки воздействия на окружающую среду эксплуатирующими организациями (ГАО «Черноморнефтегаз»), однако информация в открытый доступ не попадает и современное экологическое состояние данных районов неизвестно. К тому же часть изучаемых районов, по данным АзНИИРХ, запрещена для мореплавания (рис.4), возможно, это связано с работой буровых и эксплуатационных платформ, а также с тем, что по дну моря в этих районах проложены газопроводы от месторождений и при постановке на якорь они могут быть повреждены.

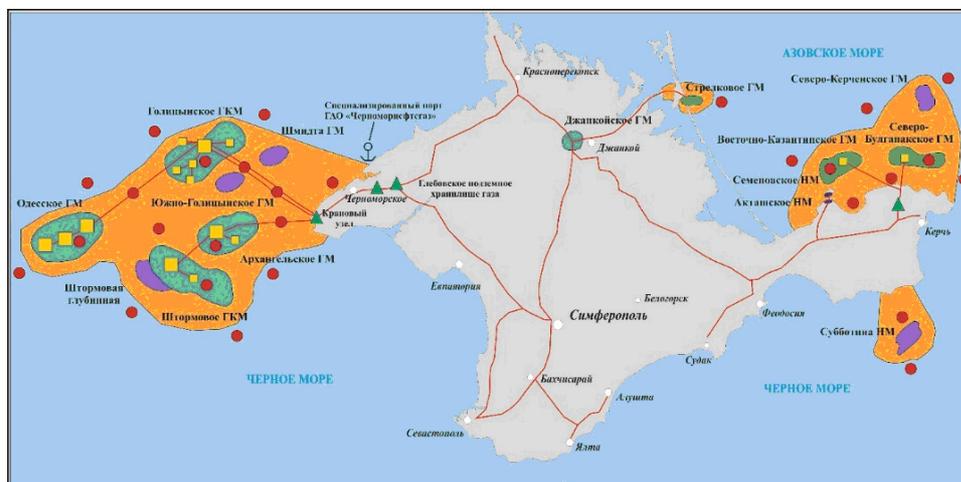
На рис.5 представлена карта схема районов Черного и Азовского морей, которые подвержены повышенному экологическому риску при эксплуата-

ции, возможных авариях или внештатных ситуациях, связанных с поиском и добычей углеводородного сырья в шельфовой зоне Крыма с предлагаемой нами сетью мониторинговых станций. Часть этих станций может быть включена в систему государственного мониторинга.

Комплексные экологические исследования в районах поиска и добычи углеводородного сырья должны быть направлены, прежде всего, на выявление



Р и с . 4 . Районы, запрещенные для остановки, постановки на якорь, лова рыбы придонными орудиями лова, дноуглубительных и взрывных работ: северо-западный шельф (а); северо-восточная часть Черного моря (б).



Условные обозначения

- газопроводы
- ▲ объекты хранения и подготовки газа
- морские стационарные платформы, блок-кондукторы
- точки мониторинга
- действующие газовые (ГМ) и газоконденсатные (ГКМ) месторождения
- обустраиваемые и готовящиеся к обустройству газовые и нефтяные месторождения
- акватории повышенного риска

Р и с . 5 . Карта схема зон повышенного риска, связанного с поиском и эксплуатацией месторождений углеводородов в шельфовой зоне Крыма и предлагаемая нами сеть наблюдательных станций.

специфических поллютантов, которые сопряжены с процессом обустройства буровых и эксплуатационных скважин и могут оказывать негативное воздействие на окружающую среду. При безаварийной работе всего технологического комплекса загрязнение морской среды практически исключается. Однако одним из важнейших факторов при этом является профессиональная подготовка буровых бригад (человеческий фактор) и систематическое проведение инструктажа по соблюдению мер по охране окружающей среды.

В процессе проведения буровых работ возможно образование повышенных, по сравнению с фоновыми значениями, концентраций загрязняющих веществ, поступление которых в водную среду возможно в виде бурового раствора или бурового шлама в аварийной ситуации. Так, например, в состав бурового раствора входят: глина, барит, различные химические реагенты, пластификаторы и вода. Химические реагенты, добавленные в буровой раствор (КМЦ, NaOH, KCl, EZ MUD, PAC L, графит, барит и др.), придают ему требуемые свойства и могут быть источниками загрязнения акватории. В составе его компонентов, в частности, в барите присутствуют примеси высокотоксичных металлов: свинец (до 0,22 %), кадмий (до 0,124 %), медь (до 0,019 %).

В случае возникновения аварийных ситуаций в водную среду поступают буровые растворы или компоненты разрабатываемых месторождений. В зависимости от количества поступивших загрязняющих веществ возможно образование обширных заморных зон и существенного нефтяного загрязнения. Масштабы загрязнения зависят от площади негативного воздействия на компоненты экосистемы и могут быть определены только в процессе проведения экологической съемки по оценке последствий аварийной ситуации. В случае существенных разливов бурового раствора или выброса бурового шлама возможно образование зоны с высокими содержаниями токсичных тяжелых металлов, которые обладают высокими миграционными свойствами в системе вода – донные отложения, что может привести к накоплению их в донных отложениях и последующему вторичному загрязнению в результате десорбции и перехода в водную толщу.

Для обеспечения нормативного состояния окружающей среды в районах нефте- и газодобычи рекомендуется осуществление следующих мероприятий:

- научно-технических, направленных на оценку эколого-экономической эффективности применяемых и перспективных процессов, приборов, технологий и природоохранных мероприятий;
- постоянный контроль (текущий мониторинг) в районе проведения буровых работ за выполнением мероприятий, предусмотренных проектом;
- проведение заключительного мониторинга (после окончания буровых работ) за реальным состоянием морских вод и донных осадков с целью выявления источников загрязнения и их ликвидации;
- регулярные мониторинговые работы районов нефте- и газодобычи по разработанной сети наблюдательных станций.

В комплекс мониторинговых исследований должны быть включены все компоненты морских экосистем: аэральные, аквальные, геолого-геоморфологические, газовые и гидробиологические (зоо- и фитопланктон, зоо- и фитобентос).

В донных отложениях необходимо определять все фракции нефтепродуктов (нефтеуглеводородов, суммарных нефтепродуктов, СПАВ), фенолы, тяжелые металлы (ртуть, свинец, медь, кадмий, хром).

В водной среде необходимо определять все фракции нефтепродуктов (нефтеуглеводородов, суммарных нефтепродуктов, СПАВ), фенолы, тяжелые металлы (ртуть, свинец, медь, кадмий, хром), элементы биогенного цикла (нитриты, нитраты, фосфаты, кремнезем), а также температуру, соленость, рН, БПК<sub>5</sub> (биохимическое потребление кислорода).

Контроль гидробиологических показателей должен осуществляться по [4, прил.3] и предусматривать исследования по зоо- и фитопланктону и зоо- и фитобентосу. Должны изучаться общая численность организмов, количество групп по стандартной разработке, число видов в группе, численность основных групп, массовые виды и виды-индикаторы сапробности (наименование, % от общей численности, сапробность).

**Заключение.** В заключении можно сделать следующие выводы:

В период работ основными загрязнителями донных отложений являлись нефтепродукты, которые были выявлены на 19 станциях, в том числе и на 3 фоновых, что может быть связано с добычей углеводородов, интенсификацией судоходства в регионе, а также с природными причинами (выносом со стоком рек, просачиванием углеводородов через морское дно). Максимальная концентрация НП превышала нормативы в 17 раз. Также следует отметить, что в 1993 г. в районе площади Шмидта (МСП «Шмидта-6») уже фиксировались экстремально высокое содержание НП (более 200 ДК), что и послужило одной из причин консервации скважины.

Придонные воды были загрязнены в большей степени, чем поверхностные. Было выявлено 35 случаев загрязнения придонных и 24 поверхностных вод различными поллютантами, превышающих нормативные показатели. В водной среде, как и в донных отложениях, основным загрязнителем были НП, которые были выявлены на 14 станциях, в том числе на 4 фоновых. Концентрация НП достигали 10 ПДК в поверхностном и 6 ПДК в придонном водном горизонте.

Следующим компонентом, имеющим наибольший ареал распространения, были фенолы, которые были выявлены на 13 станциях. В поверхностных водах их содержание достигало 27 ПДК. В придонных водах концентрация превышала нормативы в 13 раз. Помимо техногенных причин, высокие концентрации фенолов формируются за счет активного развития в фотическом слое цветущего фитопланктона, выделяющего фенолы в качестве побочных продуктов жизнедеятельности. Фенолы – высокотоксичные соединения, оказывающие крайне неблагоприятное воздействие на живой организм. В списках загрязняющих веществ фенолы стоят на одном из первых мест, что объясняется большим объемом их мирового производства, а также высокой токсичностью для морских гидробионтов, на что указывают результаты проведенных О.Г.Мироновым лабораторных экспериментов [28].

Район проведения исследований не входит в систему государственного мониторинга. На наш взгляд часть предложенных нами станций наблюдений должна быть включена в систему этих работ.

Комплексные экологические исследования в районах проведения нефтегазоразведочных работ должны быть направлены, прежде всего, на выяв-

ление специфических поллютантов, которые сопряжены с процессом обустройства буровых и эксплуатационных скважин и могут оказывать негативное воздействие на окружающую среду. Подобные экологические исследования связаны с необходимостью контроля среды не только при процессах обустройства буровых, а и при выполнении постоянного мониторинга за состоянием окружающей среды при их последующей эксплуатации и консервации.

Морские экспедиционные исследования необходимо проводить с привлечением специалистов разного профиля (гидрохимиков, гидробиологов, экологов, геологов), что необходимо для удовлетворения одного из самых главных принципов мониторинга – комплексности.

Комплексные геоэкологические исследования должны охватывать все компоненты морских экосистем: аэральные, аквальные, геолого-геоморфологические, газовые и гидробиологические. Для изучения экологического состояния необходимо изучать донные отложения, воды (поверхностный и придонный слой), а также зоо- и фитопланктон, зоо- и фитобентос.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Конвенция о защите Черного моря от загрязнения* (Бухарест, 21 апреля 1992 г.).
2. *Руководящие принципы мониторинга и оценки трансграничных рек / Рабочая группа Европейской экономической комиссии ООН по мониторингу и оценке при Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер* (Хельсинки, 1992 г.) / М.Адриаансе, Ж.Бужас, Р.Энедрлейн, М.Ландсберг-Узцивек, П.Рончак, Дж.Тиммерман.– М., 2001.– 104 с.
3. *ГОСТ 17.1.5.01-80 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность.*– М.: ИПК Издательство Стандартов, 2002.– 7 с.
4. *ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков.*– М.: Стандартинформ, 2008.– 4 с.
5. *Neue Niederlandische Liste. Altlasten Spektrum 3/95 tab. 4.2.*
6. *Water Framework Directive (WFD) 2000/60/EC: Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy.*
7. *Котельянец Е.А., Гуров К.И., Тихонова Е.А., Соловьёва О.В.* Некоторые геохимические показатели донных отложений прибрежной акватории под влиянием антропогенного фактора (на примере бухты Казачья, г. Севастополь) // *Экологические проблемы и природопользование.*– 2017.– т.27, вып.1.– С.5-13.
8. *Митропольский А.Ю., Безбородов А.А., Овсяный Е.И.* Геохимия Черного моря.– Киев: Наукова думка, 1982.– 144 с.
9. *Емельянов В.А., Митропольский А.Ю., Наседкин Е.И. и др.* Геоэкология Черноморского шельфа Украины.– Киев: Академперіодика, 2004.– 296 с.
10. *Приказ Министерства сельского хозяйства российской федерации от 13 декабря 2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».*– М., 2016.– 153 с.
11. *Иванютин Н.М., Пасынков А.А.* Анализ экологического состояния геологической среды в районах эксплуатируемых газоконденсатных месторождений на

- северо-западном шельфе Черного моря // Комплексные исследования морей России: оперативная океанография и экспедиционные исследования. Материалы молодежной научной конференции.– Севастополь, 2016.– С.409-415.
12. *Иванютин Н.М., Пасынков А.А.* Мониторинг экологического состояния района Голицынского газоконденсатного месторождения // Строительство и техногенная безопасность.– 2018.– № 13(65).– С.177-187.
  13. *Иванютин Н.М., Пасынков А.А.* Анализ изменения экологического состояния геологической среды Штормового газоконденсатного месторождения в северо-западной части акватории Черного моря // Строительство и техногенная безопасность.– 2012.– № 44.– С.78-85.
  14. *Иванютин Н.М., Пасынков А.А.* Комплексная оценка современного экологического состояния на площади Субботина в северо-восточной части акватории Черного моря // Строительство и техногенная безопасность.– 2010.– вып.33-34.– С.268-278.
  15. *Пасынков А.А., Андреева О.А., Иванютин Н.М.* Влияние дампинга грунтов, загрязненных нефтепродуктами, на экологическое состояние керченского предпроливья // Пятая научно-практическая конференции «Экологическая безопасность техногенно перегруженных регионов. Оценка и прогноз экологических рисков».– Ялта, 2010.– С.33-36.
  16. *Oil spill accident in the Kerch Strait in November 2007 / Ed. by A. Korshenko, Yu. Puyin, V.Velikova.* Black Sea Commission Publications.– Moscow: Publishing House «Nauka», 2011.– 288 p.
  17. *Отчет о НИР.* Результаты контроля состояния экосистемы северо-западного шельфа Черного моря в районе эксплуатируемых морских газовых и газоконденсатных месторождений.– Керчь: ЮгНИРО, 1997.
  18. *Кудрик И.Д., Портной В.С.* Негативные антропогенные факторы, влияющие на состояние экосистемы Керченского пролива // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– 2013.– вып.27.– С.271-275.
  19. *Lomakin P.D.* Influence of dredging and dumping zones on the ecological situation in the Kerch Strait // *Physical Oceanography*.– 2019.– v.26, iss.2.– P.147-156.
  20. *Отчет о НИР.* Результаты комплексного экологического мониторинга состояния экосистемы северо-западного шельфа Черного моря в зонах производственной деятельности ГАО «Черноморнефтегаз».– Симферополь: ОНМЦ «Морэкогеология», 2002.
  21. *Отчет о НИР.* Результаты комплексного мониторинга состояния экосистемы северо-западного шельфа Черного моря в зонах производственной деятельности ГАО «Черноморнефтегаз».– Керчь: МПЦ, ЮгНИРО, 2004.– 51 с.
  22. *Отчет о НИР.* Результаты комплексного мониторинга состояния экосистемы северо-западного шельфа Черного моря в зонах производственной деятельности ГАО «Черноморнефтегаз».– Керчь: МПЦ, ЮгНИРО, 2006.– 57 с.
  23. *Петренко О.А., Жугайло С.С.* Экологический мониторинг ЮГНИРО в районах добычи углеводородов Азово-Черноморского бассейна // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– 2010.– вып.22.–С.97-102.
  24. *Страхов Н.М.* Основы теории литогенеза.– М.: АН СССР, 1960.– 232 с.

25. *Декларация* Конференции Организации Объединенных Наций по проблемам окружающей человека среды. Принята Конференцией Организации Объединенных Наций по проблемам окружающей человека среды, Стокгольм, 1972 г.
26. *Конвенция* Организации Объединенных Наций по морскому праву (Принята Монтего-Бей, 10 декабря 1982 г.)
27. *Конвенция* по защите Черного моря от загрязнения (Бухарест, 21 апреля 1992 г.). [Электронный ресурс].– URL: <http://base.garant.ru/1148132/> (дата обращения 10.08.2019).
28. *Миронов О.Г., Супрунов А.Т.* Влияние фенола на морские организмы // Биология моря.– 1979.– С.3-10.

Материал поступил в редакцию 15.07.2019 г.  
После доработки 08.08.2019г.

N.M.Ivanyutin, A.A.Pasynkov

#### MONITORING SYSTEM OF HYDROCARBON DEPOSITES EXPLOITATION AREAS IN THE BLACK SEA

The main goal of study was to establish the ecological state of geological environment in the areas of hydrocarbon exploration and production, as well as to develop a monitoring system for these areas. During comprehensive expeditions, pollution by various pollutants was revealed in these areas. The following was recorded in bottom sediments: petroleum products (detected at 19 stations, including 3 background ones, with a maximum concentration exceeding the standards by 17 times), cadmium (detected at 7 stations, a concentration is equal 7,95, including 1 background station with 3,9 MPC). In the water environment, as well as in bottom sediments, the main pollutant was petroleum products, which were detected at 14 stations, including 4 background ones. Petroleum product concentration reached 10 MPC on the surface and 6 MPC in the bottom layer. Observation points of the monitoring network proposed by the authors demonstrate the map. The list of measures that must be taken to maintain the ecological state of region is given.

**KEYWORDS:** hydrocarbon raw materials, monitoring, pollutants, ecological state, shelf, the Black Sea