

АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Л. Д. Пляцук, И. Ю. Аблеева, С. М. Габбасова, А. Г. Аблеев, И. А. Сипко

Сумский государственный университет

ул. Римского-Корсакова, 2, г. Сумы, 40007, Украина. E-mail: i.ableyeva@ecolog.sumdu.edu.ua

В данной статье освещена проблема влияния антропогенных факторов на биоту Каспийского моря. Проанализированы основные группы источников поступления загрязняющих веществ в водный бассейн Каспия, акватория которого разделена между пятью государствами: Российской Федерацией, Казахстаном, Азербайджаном, Туркменистаном и Ираном. Определено, что крупнейшими загрязняющими отраслями являются сельское хозяйство, промышленность, преимущественно нефтегазовая, и урбанизация, создающая растущие бытовые стоки. Максимальное поступление биологически окисляемой органики, нефтяных углеводородов, азота и фосфора связано с освоением шельфовых нефтяных месторождений северной и юго-западной части Каспия. Проанализировано влияние сельского хозяйства на изменение качества морской воды за счет поступления минеральных удобрений и пестицидов. Установлено, что наиболее подверженными загрязнению тяжелыми металлами, включая медь, никель, хром, мышьяк и ртуть, является устье реки Волга и юго-западная часть Каспийского моря, где концентрация превышает ПДК в десятки раз. Проведена комплексная оценка степени загрязнения морской акватории за показателями ансамблевой оценки и индекса загрязнения воды. Определена степень загрязненности морской воды Северного и Среднего Каспия с использованием обобщенной и экстремальной ансамблевой оценки как умеренно загрязненная и чистая соответственно.

Ключевые слова: морская экосистема, нефтяные отходы, экологический мониторинг, тяжелые металлы, ансамблевая оценка, индекс загрязнения воды.

АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ КАСПІЙСКОГО МОРЯ

Л. Д. Пляцук, І. Ю. Аблєєва, С. М. Габбасова, О. Г. Аблєєв, І. О. Сіпко

Сумський державний університет

вул. Римського-Корсакова, 2, Суми, 40007, Україна. E-mail: i.ableyeva@ecolog.sumdu.edu.ua

У даній статті висвітлено проблему впливу антропогенних чинників на біоту Каспійського моря. Проаналізовано основні групи джерел надходження забруднюючих речовин у водний басейн Каспію, акваторія якого розділена між п'ятьма державами: Росією, Казахстаном, Азербайджаном, Туркменістаном та Іраном. Визначено, що найбільшими забруднюючими галузями є сільське господарство, промисловість, переважно нафтогазова, і урбанізація, що створює зростаючі побутові стоки. Максимальне надходження біологічно окиснювальної органіки, нафтових вуглеводнів, азоту і фосфору пов'язане з освоєнням шельфових нафтових родовищ північної та південно-західної частини Каспію. Проаналізовано вплив сільського господарства на зміну якості морської води за рахунок надходження мінеральних добрив і пестицидів. Встановлено, що найбільш схильними до забруднення важкими металами, включаючи мідь, нікель, хром, миш'як і ртуть, є гирло річки Волга і південно-західна частина Каспійського моря, де концентрація перевищує ГДК в десятки разів. Проведено комплексну оцінку ступеня забруднення морської акваторії за показниками ансамблевої оцінки та індексу забруднення води. Визначено ступінь забрудненості морської води Північного і Середнього Каспію з використанням узагальненої і екстремальної ансамблевої оцінки як помірно забруднений і чистий відповідно.

Ключові слова: морська екосистема, нафтові відходи, екологічний моніторинг, важкі метали, ансамблева оцінка, індекс забруднення води.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Экосистема Каспийского моря является уникальной в связи с неоднородностью природных условий на всей протяженности водоема. Характер антропогенного воздействия на прибрежные территории имеет отличия, связанные с геополитическим статусом моря и распределением его акватории между пятью государствами: Российской Федерацией, Казахстаном, Азербайджаном, Туркменистаном и Ираном. Анализ последствий техногенной нагрузки на исследуемый водный объект показывает, что преобладающими дестабилизирующими действиями являются химические и физические (шум, вибрация) загрязнения, а также сокращение и истощение запасов биологических, минеральных и водных ресурсов.

За последние 50 лет происходит интенсивное загрязнение промышленными и бытовыми стоками опресненных прибрежных морских мелководий и прилегающих шельфовых вод, в частности Западно-Каспийского региона. Степень влияния реки Волги на состояние Северного Каспия обусловлена величиной водного стока (265,0 км³) и объемами загрязняющих веществ: нефтяных углеводородов (НУ) – 70430,0 т/год, фенолов – 653,0 т/год, СПАВ – 5120,0 т/год, NH₄⁺ – 56100,0 т/год, NO₂⁻ – 11040,0 т/год, NO₃⁻ – 149500,0 т/год, PO₄³⁻ – 7910,0 т/год, металлов – 7220,0 т/год, пестицидов – 12,5 т/год, взвеси – 11722,8 т/год [1, 2]. Существующий высокий уровень загрязнения может быть усилен в результате крупномасштабных морских геологоразведочных работ в поисках месторожде-

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

ний нефти и в процессе ее дальнейшей добычи. Разведка и добыча нефти в акватории шельфа западного района Среднего и Северного Каспия серьезно сказывается на условиях нагула, миграции и воспроизводства рыб [3].

Загрязнение шельфовых вод происходит в результате длительного попадания в Каспий с поверхностным стоком различных химических неорганических и органических загрязняющих веществ, что связано с работой промышленных предприятий, добычей нефти и газа, других полезных ископаемых, а также развитием сельскохозяйственного производства, использованием удобрений и пестицидов, сбросом неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод, и протекающих внутри водоема процессов [4].

Влияние загрязнения на биоту, условия воспроизводства рыб наиболее остро проявляется во внутренних водоемах западно-каспийского региона, а также в устьевых областях рек и прибрежных опресненных морских мелководьях и заливах. Морские шельфовые зоны меньшей степени подвержены загрязнению. Шесть видов осетровых, включая русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*), персидского осетра (*A. persicus*), севрюгу (*A. stellatus*), шипа (*A. nudiventris*), стерлядь (*Acipenser ruthenus*) и белугу (*Huso huso*), обитают в Каспийском море и его бассейне [5, 6]. Основная часть оставшихся мировых запасов осетровых сосредоточена на Каспии, где ранее мировое производство черной икры составляло от 80 % до 90 % [7]. Токсикологическая обстановка в главных реках и в почвах Каспийского моря вызвала физиологические изменения рыб, включая и изменения гонад осетровых. Была отмечена смертность осетровых на реках Волге и Урале. До 90 % обследованных образцов осетровых имели расслоение мышечной ткани и сокращение внешней оболочки икринок [8]. Негативному воздействию антропогенной деятельности в прибрежной зоне и на Каспийскому море подвержены практически все экологотрофические группы биоценозов, включая основных представителей нектона, планктона и зообентоса. По результатам оценки состояния ресурсного потенциала подводных ландшафтов исследуемого региона необходимо расширять сети особо охраняемых природных акваторий в целях восстановления деградированных комплексов [9].

Чрезвычайно актуальным с позиций экологической безопасности является вопрос прогнозирования и оценки состояния морской экосистемы путем идентификации основных источников антропогенного давления и установления границ допустимого их влияния. Нерешенным остается вопрос разработки и внедрения научно обоснованной системы превентивных природоохранных мероприятий на основании проведения комплексной оценки техногенной нагрузки на Каспийское море, учитывая сложность геополитической ситуации и совместных действий пяти прикаспийских государств, что и стало предметом исследований работы.

Целью статьи является определение и оценка значимости доминантных источников техногенной

нагрузки на отдельные части акватории и экосистемы Каспийского моря.

МАТЕРИАЛЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Климатические и гидрохимические параметры Северного, Среднего и Южного Каспия имеют отличия, что в свою очередь обуславливает различную степень стойкости, буферности и способности к самовосстановлению экосистемы при прочих равных условиях и, как следствие, индивидуальный порог и емкость техногенной нагрузки. Дадим более детальную характеристику свойств природной среды Северного Каспия. Температура воды в весенний период (апрель-май) в исследуемом районе колебалась от 12 до 18 °C в поверхностном и от 7 до 17 °C в придонном горизонте. Осенью (сентябрь-октябрь) температура воды в поверхностном слое составляла 19–23 °C, в придонном – 12–22 °C. Соленость воды в весенний период была в интервале от 1,6 до 12,9 промилле, осенью составляла 4,2–12,6 промилле. Содержание кислорода весной в поверхностном горизонте вод изменялась от 9,6 до 15,0 мг/л, в придонном – от 8,6 до 14,0 мг/л. Осенью концентрация растворенного кислорода в поверхностных водах составляла 4,31–6,92 мг/л, в придонных – 3,07–6,54 мг/л [10]. Потенциально-окислительная способность микрофлоры воды по отношению к нефти в исследуемой акватории Северного Каспия была достаточно высокой и в среднем составляла 0,83 мг O₂/л в поверхностном и 0,6 мг O₂/л в придонных горизонтах.

Каспийское море является одним из важнейших бессточных бассейнов в мире и, поскольку он окружен со всех сторон сушей, в нем отсутствует проточность, помогающая самоочищению. Загрязнители, попадающие в воду, остаются в ней за отсутствием механизмов их удаления. Приток воды из рек является ключевым фактором в Каспийском бассейне, что усиливает необходимость количественного мониторинга загрязняющих веществ, принесенных водотоком. Крупнейшими загрязняющими отраслями являются сельское хозяйство, промышленность, включая нефтегазовую, и урбанизация [11].

Влияние шельфовой и морской нефтегазодобычи. Экологическая безопасность Каспийского моря включает в себя охрану водных ресурсов, воздушного бассейна, земельных и биологических ресурсов и недр. При нефтегазодобывающей деятельности загрязняющее воздействие на окружающую среду оказывается на всех стадиях производственного цикла – при геологоразведочных работах, бурении скважин, добыче нефти и газа, их подготовке и хранении, транспортировке и переработке.

В Северо-Восточном Прикаспии (Астраханская и Атырауская области) разрабатываются ресурсы месторождений нефти и газа, в том числе уникальные – Астраханское, Тенгиз и Восточный Кашаган (в 70 км к юговостоку от г. Атырау). В Мангистауской области разведано 69 месторождений, из них на 27 ведется добыча нефти и газа [12]. Промышленные стоки вносят ощутимый вклад в загрязнение Каспийского моря. Данная проблема связана с водоочистными сооружениями, которые в силу

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

экономических трудностей не были модернизированы, поэтому функционирующие являются малоэффективными. Значительные районы Каспийского моря – северная, средняя и юго-восточные части не были затронуты нефтяным загрязнением, однако оно представляет собой серьезную проблему на всем Апшеронском полуострове Азербайджана, в

водах близ Хазара в Туркменистане и в Атырау, в Казахстане [11].

С основными шельфовыми месторождениями Каспия связано максимальное поступление биологически окисляемой органики, оцениваемой показателем биологического потребления кислорода (БПК), нефтяных углеводородов, азота и фосфора (рис. 1).

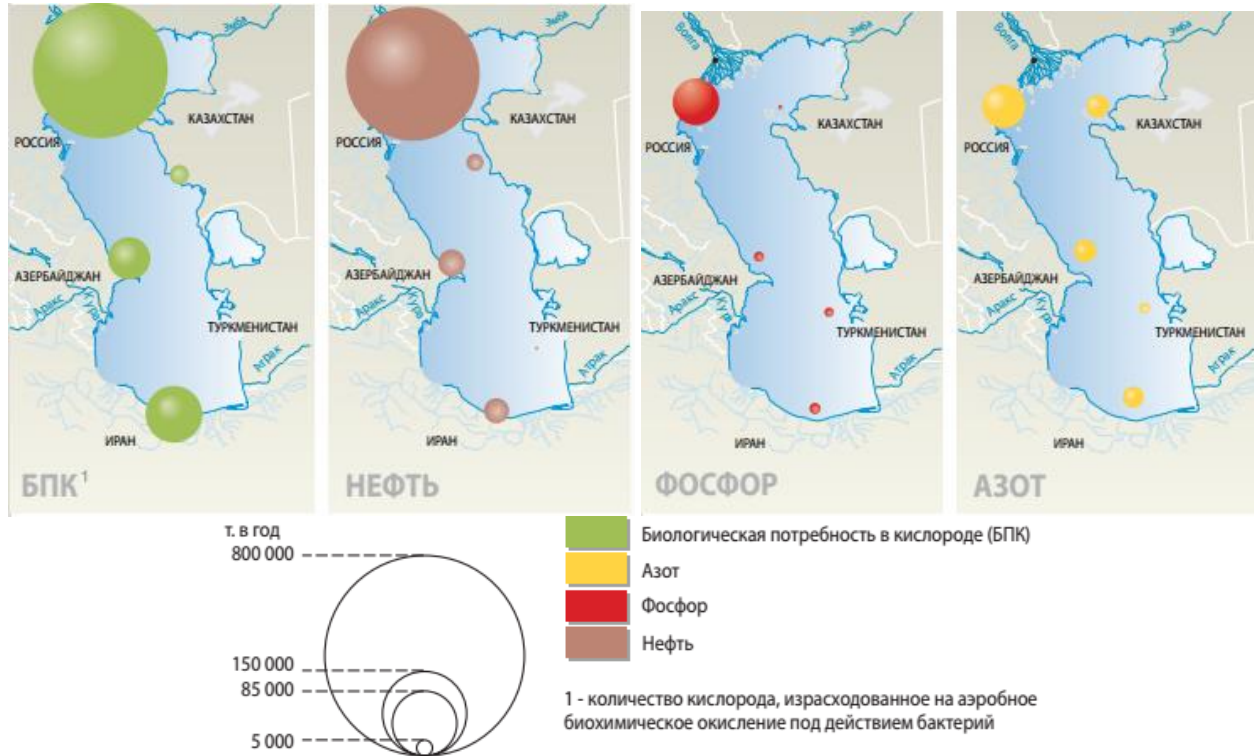


Рисунок 1 – Объемы сброса загрязняющих веществ в Каспий

Графическая интерпретация количественных показателей сброса загрязняющих веществ характеризует реки Волгу, Урал и Куру как основные источники загрязнения Каспийского моря. Доля загрязнения из Атрека, Самура и других рек в Иране относительно мала, хотя их воздействие на региональном уровне весьма значительно в силу особенностей водооборота. Характерной чертой этого региона является то, что основная масса токсичных веществ, имеющих источником Волгу, оседает в её дельте и прилегающей прибрежной зоне, в то время как токсичные вещества реки Урал оседают в заболоченной экосистеме мелководной северной части Каспийского моря.

Значительные районы Каспийского моря, такие как его северная, средняя и юго-восточные части, не были нарушены нефтяным загрязнением, однако оно является серьезной проблемой на всем Апшеронском полуострове Азербайджана, в водах вблизи Хазарского в Туркменистане и в Атырау, в Казахстане. Для предотвращения утечки из старых или покинутых нефтяных скважин крайне необходима модернизация технологии и инфраструктуры. На территории Туркменистана крупнейшими промышленными площадками в прибрежной зоне Каспия является Туркменбашинского комплекс нефтеперерабатывающих заводов (ТКНПЗ), Нефтебаза

Кэнари, ТЭЦ, морской порт в г. Туркменбаши, Хазарский химический завод (г. Хазар), производственное объединение «Гарабогазсульфат» (г. Бекдаш). Актуальной остается проблема очистки в г. Туркменбаши бухты Соймонова площадью 8 км², которая отделена от моря дамбой [13, 14].

Влияние сельского хозяйства. Сельское хозяйство наносит ущерб водным объектам за счёт, преимущественно, стока с полей применяемых химических типа удобрений и пестицидов. Минеральные удобрения в случае игнорирования установленной нормы процента их введения и в силу легкой растворимости, в виду того, что являются солями неорганических кислот (нитратами, фосфатами калия и аммония), мигрируют в поверхностные и подземные воды. Последствием их влияния является повышение содержания биогенных элементов в воде, бурное развитие сине-зелёных водорослей, вызывающее «цветение воды» и протекание процесса эвтрофикации. Более серьёзными и опасными с позиций экологической безопасности выступают фосфор- и хлорсодержащие пестициды, включающие высокотоксичные органические вещества, в особенности ДДТ (дихлордифенилтрихлорэтан) и ГХЦГ (гексахлорциклогексаны). При концентрации в окружающей среде 0,1 мкг/л ДДТ способен угнетать рост и фотосинтез зеленых водорослей. Особая

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

опасность таких веществ обуславливается их способностью к биомагнификации подобно любому ксенобиотику. На сегодня более детально исследуются биохимические способы уничтожения пестицидов путём создания консорциумов бактерий, имеющих соответствующие ферментативные системы, необходимые для метаболизма данных поллютантов. Подбор штаммов бактерий и грибов проводится с помощью баз данных KEGG (the Kyoto encyclopedia of genes and genomes), MetaCyc, EzTaxon, Bacterial Diversity Metadatabase и BacDive. Пестициды активно используются в малых фермерских хозяйствах вдоль побережья Каспийского мо-

ря и его пресноводных дельтах в Азербайджане, Иране и Туркменистане. Вследствие этого увеличилось стоки данных загрязнителей в Каспийское море.

На рис. 2 графически показано распределение концентрации тяжелых металлов на акватории Каспийского моря. При этом в качестве норматива использовали ERL – показатель концентрации, выше которого происходит вредное воздействие (Национальное управление океанических и атмосферных исследований (NOAA) Руководство по качественным значениям морских осадков) [15].

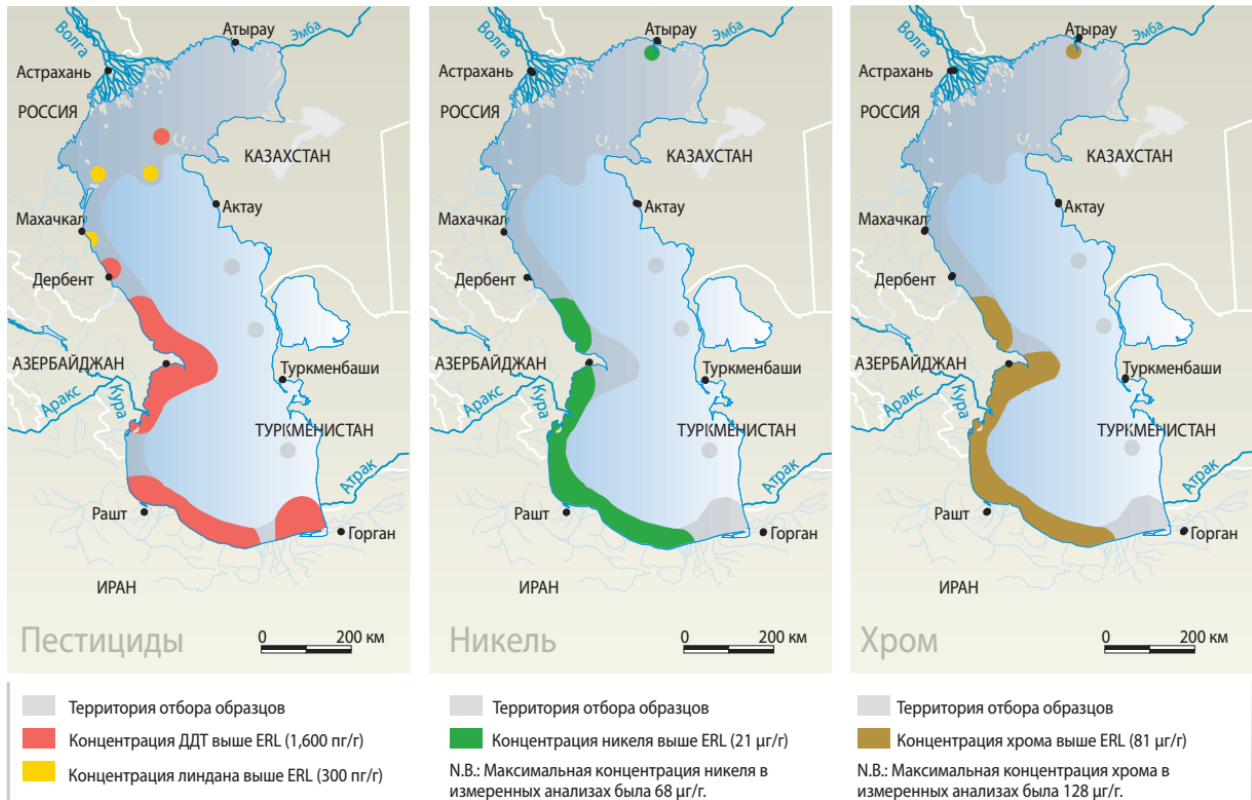


Рисунок 2 – Пестициды и тяжёлые металлы в донных отложениях

По результатам исследований В.Г. Петреченковой и И.Г. Радовой северозападной части Каспийского моря на содержание тяжелых металлов, было определено, что за период 2013–2016 гг. в отобранных пробах воды наблюдалось превышение ПДК для меди и ртути. Концентрации остальных загрязнителей не выходили за пределы предельно-допустимых значений. Концентрация меди в исследуемый период изменялась в пределах: в поверхностном слое – от 0,59 до 5,69 мкг/л при средней 2,48 мкг/л; в придонном слое – от 0,50 до 7,06 мкг/л при средней 2,26 мкг/л [16]. На основании индекса загрязненности металлами (MPI – metal pollution index), который рассчитывается согласно [17], оценена степень качества воды для данного региона как очень чистая и чистая, т.е. I и II класс соответственно. Противоположная ситуация сложилась с юго-западной частью Каспийского моря, где имеет место значительное превышение концентрации тяжелых металлов установленные нормативы ПДК для водоемов (рис. 2 и 3). Степень загрязненности

водной среды за индексом оценивается как загрязненная и грязная для этого региона. Анализ содержания тяжелых металлов в водной среде показал разбегность концентраций загрязняющих веществ в поверхностном слое и донных отложениях (ДО), что характеризует уровень седиментации, связанной напрямую с дисперсностью осадков. Исследованиями акватории Северного Каспия на основании проведенного [18] корреляционного анализа установлено наличие устойчивой положительной связи между содержанием в ДО алеврита и концентрациями никеля ($r = 0,50$) и железа ($r = 0,45$). С содержанием пелитовых фракций в ДО положительно коррелировала концентрация меди ($r = 0,59$). Содержание УВ в осадках имело положительную корреляцию с концентрациями таких металлов, как цинк ($r = 0,46$) и железо ($r = 0,55$). Таким образом, накопление тяжелых металлов происходит в мелкодисперсных грунтах: на мелководье – богатых органическим веществом аллохтонного происхож-

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

дения, в глубоководной зоне – органическим веще-

ством автохтонного происхождения [19, 20].

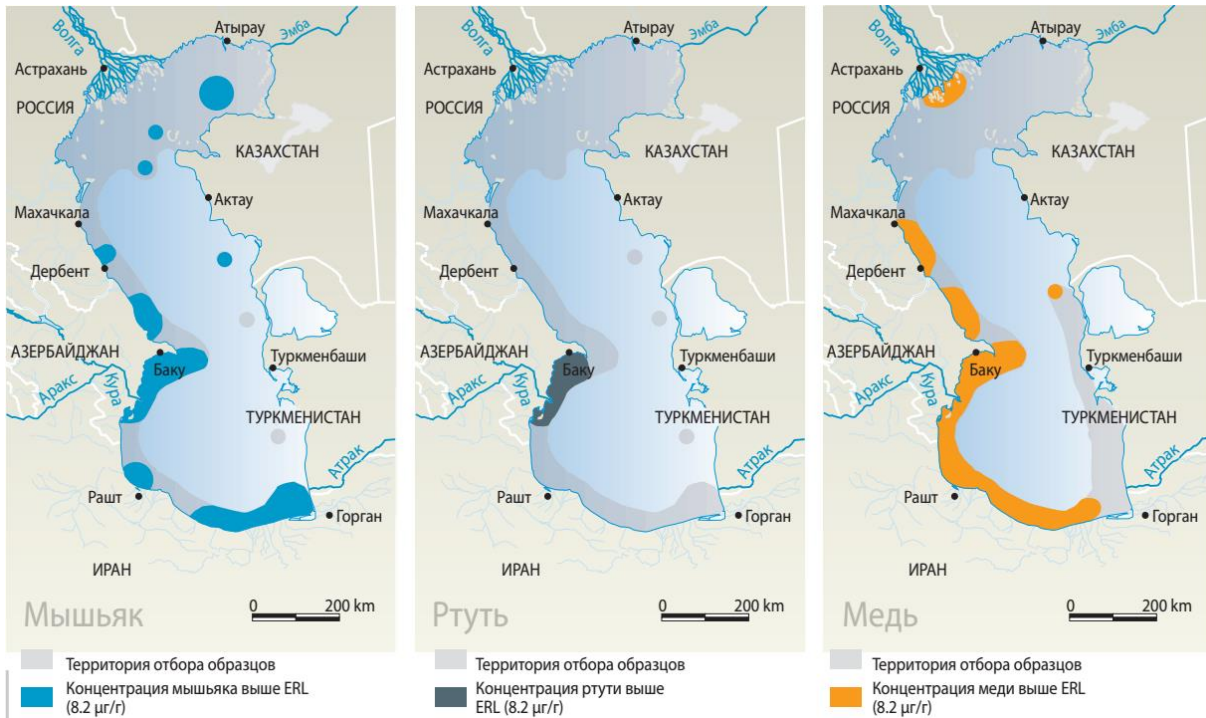


Рисунок 3 – Тяжелые металлы в донных отложениях

Влияние развития урбанизации. Крупные очаги урбанизации и промышленные центры отрицательно сказываются на экологическом состоянии окружающих ландшафтов. На примере Апшеронского промышленного узла выявлено, что на экологию прибрежной полосы влияет разработка нефтяных и газовых месторождений, сброс бытовых, промышленных и сельскохозяйственных стоков, отсутствие действенных очистных сооружений, устаревшее технологическое оборудование [21]. Промышленные стоки вносят заметный вклад в загрязнение Каспийского моря. Эта проблема связана с водоочистными сооружениями, которые по экономическим трудностям не модернизировались, и если они вообще работают, то являются крайне неэффективными.

Антропогенная нагрузка на прибрежную зону Каспийского моря в результате урбанизации и индустриализации на Апшероне носит двусторонний характер. Будучи неотъемлемой частью экосистемы региона, Каспийское море реагирует на любые ощутимые интервенции извне. Одной из таких реакций является изменение уровня Каспийского моря в результате техногенной деятельности человека.

Оценка техногенной нагрузки на водный бассейн Каспийского моря, создаваемая преимущественно химическим загрязнением, проводится по методике, предложенной учеными Каспийского морского научно-исследовательского центра. При этом используется многокритериальный и многопараметрический ансамблевый метод. Процедура проведения оценки состоит из определения трех составляющих: 1) оценка качества, критерием которой является ПДК (C_1); 2) оценка аккумуляции,

описываемая фоновой концентрацией (F); 3) оценка нагрузки, которая характеризуется предельно допустимой нагрузкой ($C_p = C_1 - F$). Ансамблевой оценке загрязнения подлежат все химические параметры, для которых установлена ПДК. Численное значение оценок определяется согласно методике [22], которая предусматривает перевод средних численных значений однокритериальных оценок (E_{ji}) в баллы, на основании чего делается вывод классе загрязнения среды. Для расширения анализа каждой составляющей ансамблевой оценки рекомендовано представлять в трех видах: а) обобщенная оценка ($E_1 = E/n$) – среднее значение по всем параметрам; б) приоритетная оценка ($E_2 = E/N$) – среднее значение по параметрам, не соответствующим критериям; в) экстремальная оценка ($E_3 = E_{max}$) – значение E параметра с наиболее высоким уровнем загрязнения, где n – общее число нормируемых и измеряемых показателей загрязнения; N – число показателей загрязнения, у которых $E > 0$; E_{max} – максимальное значение E [23]. Для адекватной оценки экологического состояния Каспийского моря предложено проводить комплексный расчет для Северного, Среднего и Южного регионов с анализом всех компонентов среды: морской воды в поверхностном и придонном слое, и в донных отложениях. Согласно результатам по идентификации приоритетных загрязняющих веществ при расчете обобщенной оценки нагрузки учитывали комплекс показателей, в состав которого входили 9 загрязняющих веществ: БПК₅, азот аммонийный, нефтепродукты (НП), железо, цинк, никель, медь, свинец и кадмий.

Комплексную оценку степени загрязнения морской акватории проводили за показателями ансам-

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

блевой оценки и индекса загрязнения воды (ИЗВ). Данные по ИЗВ для Северного и Среднего Каспия по состоянию на 2014 год приведены в табл. 1 [24].

Таблица 1 – Индексы загрязнения морских вод в северо-западной части Каспийского моря в 2014 г.

Район	Горизонт	ИЗВ	Степень загрязнения
Северный Каспий			
Прибрежная акватория	Поверхность	0,5	слабый
	Дно	0,44	слабый
Открытая зона	Поверхность	0,84	сильный
	Дно	0,91	сильный
Средний Каспий			
Прибрежная акватория	Поверхность	0,46	слабый
	Дно	0,41	слабый
Открытая зона	Поверхность	0,43	слабый
	Дно	0,63	слабый

Согласно Базисному реестру, общий объём стоков, сброшенных в Каспийское море, очищенных с применением стандартных методов, составляет 820,138 тыс. м³. Сбросов неочищенных городских и промышленных стоков непосредственно в Каспийское море не имеется. Очищенные до нормативных показателей сточные воды сбрасываются в пруды – накопители либо на поля фильтрации. Некоторые из них расположены вблизи Каспийского моря и могут таким образом быть источником рассеянного выпуска через подземные воды или наводнение. Такую ситуацию необходимо отслеживать в полевых условиях и предотвращать посредством мониторинга местных прибрежных вод [25].



Рисунок 4 – Горнорудно-промышленный комплекс в Кошкар-Ате на территории Казахстана

Особую экологическую проблему составляет Кошкар-Ата, являясь одним из крупнейших отвалов промышленных отходов в мире, занимающим территорию площадью примерно в 77 км² (рис. 4).

Хвостохранилище расположено в естественной низине в пяти км от окраины казахского города Актау и в 8 км от берега Каспийского моря. За годы уранового производства 356 млн. т. шахтных отходов с общей радиоактивностью равной 11242 Ки было отправлено в кошкаратинское хвостохранилище, откуда загрязняющие вещества могут разноситься грунтовыми водами в Каспийское море [26]. Приоритетным с точки зрения экологической безопасности становится отстойник «Тухлая балка» в Казахстане. Стоки из этого резервуара в Атырау являются одним из потенциальных источников загрязнения Каспийского моря. К настоящему времени примерно 50–70 млн. м³ сильно загрязнённых жидких отходов скопились на полях фильтрации этого резервуара. Эти стоки содержат высокую концентрацию хлоридов, аммонийных солей, сульфатов, тяжёлых металлов (меди, цинка, хрома). Содержание нефти доходит до 200 предельно допустимых концентраций (ПДК), а фенола – от 20 до 80 ПДК. В результате подъёма уровня Каспийского моря, береговая линия придвинулась ближе (до 10 км) к осадочному резервуару. Во время нагона воды данное расстояние может сократиться до 3–4 км [27]. Если эти воды перетекут в Каспийское море, то последствия могут быть весьма серьёзными [28].

Последствия долговременного подъёма уровня моря усугубляются влиянием ветровых (штормовых) нагонов. В мае 1988 г. на восточном побережье моря нагонные воды затопили часть месторождений Терень-Узек, Тенгиз и Прорва. Вследствие этого 800 скважин оказались под водой, а в море поступило большое количество нефти. Существует высокий экологический риск для биоты при дальнейшем возможном подъёме уровня моря за счет затопления многих нефтяных месторождений, хозяйственных объектов, транспортных магистралей, масштабы которого показаны на рис. 5.

В Азербайджане на долю Баку приходится примерно 75 % нагрузки по загрязнителям от бытовых сточных вод в Каспийское море. Канализационная сеть в Баку обслуживает около 72 % города, однако лишь примерно 50 % сточных вод проходит водоочистку: 90 % — биологическими методами и 10 % — механическими. Согласно заключению Базисного реестрового отчёта за 2008 г., имеется три основных источника сброса городских сточных вод превышающих 100 тонн БПК в год плюс шесть основных источников сброса промышленных сточных вод превышающих 10 тонн БПК в год, или более чем одну тонну нефти в год. Основные сбросы городских сточных вод осуществляются с Говсанской станции аэрации (Баку-Сураханы), Зыхской водоочистной станции (Баку-Хатаи) и Кишлинской трубопроводной развязки (Баку-Хатаи). Основные сбросы промышленных сточных вод происходят с заводов синтетического каучука и органического синтеза (Сумгаит).

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля



Рисунок 5 – Риск затопления территорий Северного Каспия

Загрязнение акваторий и территорий в Астраханской области в основном обусловлено перегрузкой проектных мощностей водоочистных сооружений в городах и посёлках городского типа. В некоторых районах таких сооружений и вовсе нет. Общая величина всех загрязнителей, поступающих в предустьевую часть Волги из Астраханской области, не превышает 10 % от основной массы загрязнителей, переносимых водами Волги через территорию области.

Основными источниками загрязнения поверхностных вод в области являются городские коммунальные службы, которые не только производят свои собственные отходы, но также получают отходы от других предприятий, расположенных в этих городах. Основным источником загрязнённых сбросов в дельту Волги являются городские стоки Астрахани – в 2005 г. 63,6 млн. м³ загрязнённых стоков было сброшено в дельту.

По результатам проведенной обобщенной ансамблевой оценки экологического состояния Северного Каспия определено, что прибрежные зоны являются более загрязненными по сравнению с открытой частью в связи с влиянием речного стока и нагрузки от эксплуатации шельфовых нефтяных месторождений. При этом наблюдается закономерность изменения качества воды с категории чистые к умеренно загрязненные в направлении от поверхности ко дну водоема. Такая тенденция связана с

протеканием процесса седиментации и накопления загрязняющих веществ в донных отложениях. Морские воды в открытой части Северного Каспия оценивались как чистые только согласно обобщенной оценке и только в поверхностном слое. В соответствии с обобщенной оценкой придонные воды во всех районах характеризовались как умеренно загрязненные. Что касается Среднего Каспия, то по результатам обобщенной ансамблевой оценки его воды оцениваются как чистые, в соответствии с экстремальной оценкой – как умеренно загрязненные.

Результаты расчета индекса загрязнения морских вод в крупных районах акватории Каспийского моря согласуются с ансамблевой оценкой, указывая на незначительно большую степень загрязнения вод именно Северного Каспия, что связано с преобладанием источников техногенной нагрузки. На основании сделанного анализа источников и характера загрязнения определено, что Северный Каспий более подвержен влиянию речного стока Волги и Урала, несущие в своих водах загрязняющие вещества промышленных предприятий, преимущественно нефтегазового комплекса, и смыв пестицидов и минеральных удобрений из сельскохозяйственных угодий.

ВЫВОДЫ. Вследствие техногенной нагрузки на природную экосистему происходит изменение гидрологического и гидрохимического режима моря, истощение биологических, минеральных и водных ресурсов. Согласно данным прогноза к 2040 году уровень Каспийского моря увеличится на 1,5 м, что повлечет огромные эколого-экономический ущерб: затопление прибрежных земель, на которых расположены населенные пункты; действующих и законсервированных скважин нефти; уничтожение пляжных комплексов; интенсивная абразия берегов и потеря значительных земельных территорий.

Интенсивное освоение нефтегазовых месторождений, применение химикатов в сельском хозяйстве, устаревшие технологии, физически и морально изношенные установки очистки сточных вод являются преобладающими источниками техногенной нагрузки на экосистемы Каспийского моря. По результатам комплексной оценки экологического состояния водного бассейна Каспия степень загрязненности вод варьируется от слабой – Средний Каспий, до сильной – северная и юго-западные части водного объекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гюль А.К., Фараджева А.Н. Распределение техногенных примесей в данных отложениях Бакинского архипелага. *Вестник Каспия*. 2010. №1. С. 35–41.
2. Korshenko A., Gul A.G. Pollution of the Caspian Sea. *Hdb Env Chem*. 2005. Vol. 5, Part P. P. 109–142.
3. Абдурахманов Г.М., Ахмедова Г.А., Гасангаджиева А.Г. Загрязнение Западной части Среднего Каспия нефтяными углеводородами и биологическое разнообразие. *Вестник АГТУ*. 2006. №3 (32). С. 151–158.

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

4. Абдусамадов А.С., Дохтукаєва А.М., Дудурханова Л.А. Загрязнение мелководной прибрежной опресненной зоны и шельфа западной части каспийского моря и его влияние на биоту и воспроизводство рыб. *Юг России: экология, развитие*. 2011. №2. С. 37–60.
5. Абдурахманов Г. М., Карпюк М. И., Морозов Б. Н., Пузаченко Ю. Г. Современное состояние и факторы, определяющие биологическое и ландшафтное разнообразие Волжско-Каспийского региона России. М.: Наука, 2002. 416 с.
6. Столовый Д.Э. Международное сотрудничество в области сохранения водных биоресурсов Каспийского моря. *Вестник АГТУ*. 2011. №2. С. 56–62.
7. Курапов А.А., Островская Е.В. Влияние природных и антропогенных факторов на состояние биологических сообществ Северного Каспия. Астрахань: Издатель Сорокин Р.В., 2016. 319 с.
8. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа: в 2-х т. 2-е изд. переработанное и дополненное. Т. 1: Морской нефтегазовый комплекс: состояние, перспективы, факторы воздействия. М.: Изд-во ВНИРО, 2017. 326 с.
9. Митина Н.Н., Малашенков Б.М., Телитченко Л.А. Подводные ландшафты северного Каспия: структура, гидроэкология, охрана. М.: ИВП РАН, Изд-во ФГУП «Типография Россельхозакадемии», 2016. 215 с.
10. Куликова И.Ю. Микробиологическая оценка вод Северного Каспия в условиях освоения месторождений углеводородного сырья. *Электронный научный журнал «Исследовано в России»*. 2005. С. 1190–1198.
11. Ручевская И., Митрофанов И., Гучгельдиев О., Емелин В., Крутов А. Каспийское море. Состояние окружающей среды. Доклад временного секретариата Рамочной конвенции по защите среды Каспийского моря и бюро управления и координации проекта «КАСПЭКО», 2011. 110 с.
12. Панасенко Д.Н. Экологическая безопасность Каспийского моря в условиях нефтегазодобывающей деятельности. *Вестник АГТУ, серия Экология*. 2004. №2. С. 136–142.
13. Осипова В.П., Берберова Н.Т., Пименов Ю.Т. Пути попадания нефти в акватории Каспийского моря. Токсичность и механизмы самоочищения. *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2005. №2. С. 15–19.
14. Мерчева В.С. Экологическая ответственность при разработке нефтегазовых месторождений Прикаспия. *Астраханский вестник экологического образования*. 2012. №3. С. 94–101.
15. Interpretation of Caspian Sea Sediment Data, Caspian Environment Programme. 2002.
16. Петреченкова В.Г., Радованова И.Г. Содержание тяжелых металлов в воде северо-западной части Каспийского моря. *Астраханский вестник экологического образования*. 2018. № 4 (46). С. 28–34.
17. Lyulko I., Ambalova T., Vasiljeva T. To Integrated Water Quality Assessment in Latvia. MTM (Monitoring Tailor-Made) III. *Proceedings of International Workshop on Information for Sustainable Water Management*, Netherlands. 2001. P. 449–452.
18. Островская Е. В., Войнова М. В. Содержание тяжелых металлов в донных отложениях выделенных районов Северного Каспия. *Астраханский вестник экологического образования*. 2018. № 4 (46). С. 4–11.
19. Mamedli S. T. Report on Fishery in Azerbaijan, Economics of Biodiversity Utilization, *Caspian Environment Programme*. 2009.
20. Transboundary Diagnostic Analysis Revisit. *CEP*. 2007.
21. Кахраманова, Ш. Ш. Влияние урбанизации на Апшероне на загрязнение прибрежной полосы Каспийского моря. *Академический вестник Урал-НИИПроект РААСН*. 2012. №4. С. 7–12.
22. Монахов С.К., Есина О.И., Монахова Г.А., Татарников В.О. Геоэкологические показатели загрязнения морей: методы расчета и применения. Астрахань: Издатель: Сорокин Р.В., 2014. 82 с.
23. Монахова Г.А., Есина О.И., Татарников В.О., Монахов С.К. Оценка загрязнения морской среды в районах добычи нефти и газа на морском шельфе. *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2014. № 1. С. 32–37.
24. Обзор состояния и загрязнения морской среды северо-западной части Каспийского моря в 2014 году. Под редакцией С.К. Монахова. Астрахань, 2015. 103 с.
25. Kazmehnnabor Engineering Study; Magnistau Environmental Authority, State of the Environment. 2005. Based on in-depth assessment environmental security issues
26. Кадыржанов К., Кутербеков К., Лукашенко С. Общее исследование экологической ситуации с токсичными и радиоактивными отходами в хранилище «Кошкар-Ата» и разработка плана реабилитационных действий. 1998 г.
27. Тимантеев О. А., Диарова Д. М. Аналитический обзор экологических рисков, приуроченных к побережью Северо-Восточного Каспия. *Материалы I Междунар. науч.-техн. конф. «Современные проблемы геофизики, геологии, освоения, переработки и использования углеводородного сырья»*. В 2-х т. Т 1. Атырау: Изд-во АИНГ., 2000. С. 485–490.
28. UNEP, UNDP, TACIS. 2009. Strategy for Civil Society Engagement in the Caspian Sea Marine Environment (Public Participation Strategy).

ANALYSIS OF SOURCES OF ANTHROPOGENOUS IMPACT ON THE NATURAL ENVIRONMENT OF THE CASPIAN SEA

L. D. Plyatsuk, I. Yu. Ablieieva, S. M. Gabbasova, O. G. Ablieiev, I. O. Sipko

Sumy State University

vul. Rymnskogo-Korsakova, 2, Sumy, 40007, Ukraine. E-mail: i.ableyeva@ecolog.sumdu.edu.ua

Purpose. Shelf water pollution occurs as a result of long-term infiltration of various chemical inorganic and organic pollutants into the Caspian, which is associated with the work of industrial enterprises, oil and gas production, and other minerals, as well as agricultural production, the use of fertilizers and pesticides, the discharge of untreated or insufficiently treated wastewater, and the processes occurring inside the reservoir. This article highlights the problem of the influence of anthropogenic factors on the biota of the Caspian Sea. The main groups of sources of pollutants in the water basin of the Caspian Sea, whose waters are divided between five states: the Russian Federation, Kazakhstan, Azerbaijan, Turkmenistan and Iran, are analyzed. **Methodology.** The assessment of the technogenic load on the water basin of the Caspian Sea, which is created mainly by chemical pollution, is carried out according to the method proposed by scientists of the Caspian Sea Research and Development Center. A comprehensive assessment of the degree of pollution of the marine area by indicators of an ensemble assessment and a water pollution index was carried out. The assessment procedure consists of determining three components: 1) quality assessment, the criterion of which is MAC (C_1); 2) battery assessment, described by background concentration (F); 3) load estimation, which is characterized by the limit load capacity ($C_p = C_1 - F$). All chemical parameters for which MACs are set are subject to pollution assessment of pollution. **Results.** The maximum intake of biologically oxidizable organics, petroleum hydrocarbons, nitrogen and phosphorus is associated with the development of offshore oil fields in the northern and south-western part of the Caspian Sea. The influence of agriculture on the change in the quality of sea water due to the supply of mineral fertilizers and pesticides is analyzed. It has been established that the mouth of the Volga River and the southwestern part of the Caspian Sea, where the concentration exceeds the MPC by a factor of dozen times, is most susceptible to contamination by heavy metals, including copper, nickel, chromium, arsenic and mercury. According to the results of a generalized ensemble assessment of the ecological status of the North Caspian Sea, it was determined that the coastal zones are more polluted compared to the open part due to the influence of river flow and the load from the exploitation of offshore oil fields. At the same time, there is a regularity in the change of water quality from the category of clean to moderately polluted in the direction from the surface to the bottom of the reservoir. According to the results of a comprehensive assessment of the ecological status of the Caspian water basin, the degree of water pollution varies from weak – Middle Caspian, to strong – north and south-western parts of the water body. **Practical value.** The degree of contamination of the sea water of the Northern and Middle Caspian was determined using the generalized and extreme ensemble assessment as moderately polluted and pure, respectively. The practical implementation of the proposed approach to the assessment of the anthropogenic load on the water area allows us to identify the main sources of pollution whose contribution prevails. The use of an ensemble assessment, taking into account monitoring data, makes it possible to optimize the system for managing the ecological safety of marine ecosystems, as well as to respond promptly to emergency or excessive discharges.

References 28, tables 1, figures 5.

Key words: marine ecosystem, oil waste, environmental monitoring, heavy metals, ensemble assessment, water pollution index.

REFERENCES

1. Gul, A. G., Faradzheva, A.N. (2010), "Distribution of man-made impurities in these sediments of the Baku Archipelago", *Bulletin of the Caspian*, Vol. 1, pp. 35–41.
2. Korshenko, A., Gul, A.G. (2005), "Pollution of the Caspian Sea", *Hdb Env Chem*, Vol. 5, Part P, pp. 109–142.
3. Abdurakhmanov, G. M., Akhmedova, G. A., Gasan-Gadzhieva, A. G. (2006), "Pollution of the Western part of the Middle Caspian oil route and biological diversity", *ASTU Bulletin*, Vol. 3 (32), pp. 151–158.
4. Abdusamadov, A. S., Dokhtukaeva, A. M., Dudurkhanova, L. A. (2011), "Pollution of the shallow coastal desalinated zone and shelf of the western part of the Caspian Sea and its impact on the biota and reproduction of fish", *South of Russia: ecology, development*, Vol. 2, pp. 37–60.
5. Abdurakhmanov, G. M., Karpyuk, M. I., Morozov, B. N., Puzachenko, Yu. G. (2002), "Modern state and factors determining the biological and landscape diversity of the Volga-Caspian region of Russia" *Moscow, The science*, 416 p.
6. Stolovy, D. E. (2011), "International cooperation in the field of conservation of aquatic bioresources of the Caspian Sea", *ASTU Bulletin*, Vol. 2, pp. 56–62.
7. Kurapov, A. A., Ostrovskaya, E. V., Sorokin, R. V. (2016), "The influence of natural and anthropogenic factors on the state of the biological communities of the Northern Caspian", *Astrakhan*, 319 p.
8. Patin, S. A. (2017), Oil and ecology of the continental shelf: in 2 volumes. 2nd ed. processed and supplemented, "Offshore oil and gas complex: state, prospects, impact factors", Moscow: VNIRO Publishing House, Vol. 1. 326 p.
9. Mitina, N. N., Malashenkov, B. M., Telitchenko, L. A. (2006), "Underwater landscapes of the Northern Caspian: structure, hydroecology, protection", Moscow: IWP RAS, Publishing House of the Federal State Unitary Enterprise "Russian Agricultural Academy Printing House", 215 p.
10. Kulikova, I. Yu. (2005), "Microbiological assessment of the waters of the Northern Caspian under

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

the conditions of the development of hydrocarbon raw materials”, *Electronic scientific journal "INVESTIGATED IN RUSSIA"*, pp. 1190–1198.

11. Ruchevskaya, I., Mitrofanov, I., Guchgeldiev, O., Emelin, V., Krutov, A. (2011), “Caspian Sea. State of the Environment”, Report of the interim secretariat of the Framework Convention for the Protection of the Caspian Sea Environment and Bureau for Management and Coordination of the CASPECO Project, 110 p.

12. Panasenko, D.N. (2004), “Ecological safety of the sea in the field of oil and gas production”, *Vestnik AGTU, series Ecology*, Vol. 2, pp. 136–142.

13. Osipova, V. P., Berberova, N.T., Pimenov Yu.T., (2005), “Routes of oil ingress in the Caspian Sea. Toxicity and mechanisms of self-purification”, *Environmental Protection in the Oil and Gas Complex*, Vol. 2, pp. 15–19.

14. Mercheva, V.S. (2012) “Environmental responsibility in the development of oil and gas fields of the Caspian Sea”, *Astrakhan Bulletin of Environmental Education*, Vol. 3, pp. 94–101.

15. Interpretation of Caspian Sea Sediment Data, Caspian Environment Programme, 2002.

16. Petrechenkova, V. G., Radovanova, I. G. (2018), “The content of heavy metals in the water of the northwestern part of the Caspian Sea”, *Astrakhan Bulletin of Environmental Education*, Vol. 4 (46), pp. 28–34.

17. Lyulko, I., Ambalova, T., Vasiljeva, T. (2001), “To Integrated Water Quality Assessment in Latvia. MTM (Monitoring Tailor-Made) III, Proceedings of International Workshop on Information for Sustainable Water Management. Netherlands, pp. 449–452.

18. Ostrovskaya, E. V., Voinova, M. V. (2018), “The content of heavy metals in bottom sediments in selected areas of the Northern Caspian”, *Astrakhan Bulletin of Environmental Education*, Vol. 4 (46), pp. 4–11.

19. Mamedli S. T., (2009), “Report on Fishery in Azerbaijan, Economics of Biodiversity Utilization”, *Caspian Environment Programme*.

20. CEP (2007a), “Transboundary Diagnostic Analysis Revisit”.

21. Kakhramanova, Sh. Sh. (2012), “The impact of urbanization on Absheron on the pollution of the coastal zone of the Caspian Sea”, *Academic Bulletin UralNIIPProject RAASN*, Vol. 4, pp. 7–12.

22. Monkhov, S. K., Esina, O. I., Monakhov, G. A., Tatarnikov, V. O., Sorokin R.V. (2014), “Geoecological indicators of sea pollution: methods of calculation and application”, Astrakhan, p. 82.

23. Monakhova, G. A., Esina, O. I., Tatarnikov, V. O., Monakhov, S. K. (2014), “Assessment of marine pollution in areas of oil and gas production on the sea shelf”, *Environmental protection in the oil and gas complex*, Vol. 1, pp. 32–37.

24. Monahov, C. K. (2015), “Review of the state and pollution of the marine environment of the north-western part of the Caspian Sea in 2014”, 103 p.

25. Kazmehnabor Engineering Study; Magnistau Environmental Authority, State of the Environment (2005); Based on in-depth assessment environmental security issues

26. Kadyrzhanov, K., Kuterbekov, K., Lukashenko, S. (1998), “A general study of the ecological situation with toxic and radioactive waste in the Koshkar-Ata store and the development of a rehabilitation plan”.

27. Timanteev, O. A., Diarova, D. M. (2000), “Analytical review of environmental risks confined to the coast of the North-Eastern Caspian”, *Materials 1 International. scientific and technical conf. “Modern problems of geophysics, geology, development, processing and use of hydrocarbons”*. Atyrau: Publishing house AING, pp. 485–490.

28. UNEP, UNDP, TACIS (2009). Strategy for Civil Society Engagement in the Caspian Sea Marine Environment (Public Participation Strategy).