

УДК 574.4:333.93

**НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ УРОВНЯ
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ В КАЗАХСТАНСКОМ СЕКТОРЕ
КАСПИЙСКОГО МОРЯ**

В.В. Ким

В статье, основываясь на анализе источников загрязнения воды Казахстанского сектора Каспийского моря, разработана методология расчета допустимой нагрузки на его экосистему.

Общая задача по достижению нормальной экологической обстановки на определенной территории сводится к установлению устойчивого развития в исследуемом районе (регионе) [6]. Таким образом, обеспечение экологической безопасности в Казахстанском секторе или то же самое и в самом Каспийском море сводится к положению о том, что интенсивность процесса разрушения (скорость разрушения) не должна превышать интенсивности восстановления (скорости восстановления) на анализируемом объекте (природном комплексе) [4]. При этом процессы разрушения природных территориальных комплексов включают, как процессы естественного, так и антропогенного происхождения. Восстановление состояния природных комплексов включают процессы самовосстановления и самоочищающуюся способность частей природных комплексов или экосферы любого рассматриваемого уровня.

Общественно-историческая деятельность человека влияет на экологическое состояние биосферы. Анализ естественных процессов показывает, что на Планете происходили значительные изменения и соответственно возникали разные представления об устойчивости природных систем [11]. Если изменения равновесного экологического состояния в биосфере до возникновения человека происходило только под влиянием естественных природных процессов, то после его возникновения естественные процессы протекают еще и под влиянием антропогенной деятельности. Экологическая устойчивость составляющих природной среды зависит от уровня использования природных ресурсов и состояния их загрязнения [3].

Устойчивое развитие описывается следующим образом (<http://ecolife.org.ua/education/agenda/g15.html>):

$$F_i(L, K, P) \leq F_{i+1}(L, K, P), \quad (1)$$

где $F_t(L, K, P)$ – функция потребления в период времени t ; L – человеческий капитал; K – искусственно созданный (физический) капитал, включая средства производства; P – природные ресурсы; $t \geq 0$.

Соотношение (1) указывает на взаимоотношение трех компонентов: физического капитала (оборудование, здания и сооружения); человеческого капитала (инвестиции в образование, исследовательские работы); природного капитала (природные ресурсы). При этом выделяют два понятия устойчивого развития: сильную и слабую устойчивость (это соответствует двум направлениям, которые были названы «экологическим» и «неоклассическим» взглядом на устойчивость).

При слабой устойчивости предполагается взаимозаменяемость вышеперечисленных компонентов общего капитала. То есть, при сокращении запасов природного капитала, он может компенсироваться увеличением запасов человеческого или же одновременно и человеческого, и физического капиталов. Например, при исчерпании всех ресурсов нефти на планете, могли бы использоваться панели солнечных батарей и геотермальная энергетика.

При сильной устойчивости отвергается взаимозаменяемость компонент общего капитала. То есть, некоторые элементы природного капитала ни при каких обстоятельствах не могут быть заменены другими компонентами. Такой элемент природного капитала является критическим природным капиталом. Запас такого критического природного капитала должен быть несокращаемым

$$P_{ct} \leq P_{ct} + 1; P_t = P_{ct} + P_{st}, \quad (2)$$

где P_t – природный капитал; P_{ct} – критический природный капитал; P_{st} – природный капитал, который можно заменить другими компонентами; $t \geq 0$.

В качестве критического природного капитала могут выступать крупные экосистемы. Таким образом, ущерб, нанесенный крупной экосистеме может вызвать мультипликативный эффект и привести к необратимым и не прогнозируемым последствиям с последующим негативным воздействием на условия существования самих людей. Анализ таблицы показывает, что в развитых странах чистые сбережения всегда положительные. То есть потенциал физического капитала все время возрастает. Показатель устойчивости определяется, как разница доли валовых сбережений и сумм доли амортизации (износа) физического капитала и доли амортизации (износа) природного капитала.

В свою очередь, валовые сбережения определяются как разница между валовым национальным продуктом (ВНП) и стоимостью полного потребления. Таким образом, и для государства распространяются те же правила, что и для домашнего хозяйства. Чем меньше потребляете, по сравнению с заработной платой, то тем выше ваше благосостояние. И наоборот, если потребляете больше, чем зарабатываете, то ваше благосостояние падает и в долгосрочном плане такое поведение неустойчиво. Вместе с тем, валовые сбережения должны уменьшаться на величину износа физического капитала (замена оборудования, зданий, инфраструктуры и т.д.). Развитие государства будет устойчивее, если сбережений будет больше, чем изнашивание физического и природного капиталов. То есть, если показатель Z будет больше нуля, то подтверждается наличие слабой устойчивости.

Таблица

Тест на проверку слабой устойчивости [2]

Страна	Доля валовых сбережений в ВНП (S/Y)	Доля амортизации (износа) физического капитала в ВНП ($D1/Y$)	Доля амортизации (износа) природного капитала в ВНП ($D2/Y$)	Показатель устойчивости (Z)
Финляндия	28	15	2	11
Германия	26	12	4	10
Япония	33	14	2	17
США	18	12	4	2

Примечание: S – валовое сбережение; Y – стоимость полного потребления; $D1$, $D2$ – соответственно доля амортизации (износа) физического капитала и доля амортизации (износа) природного капитала; Z – показатель устойчивости.

Экологические индикаторы служат дополнением для оценки устойчивости. В настоящее время, более распространено представление о том, что индикаторы разбиты на типовые блоки: воздействие – состояние – реакция. При этом показатели воздействия (давления) на окружающую среду описываются уровнем антропогенного воздействия (выбросы загрязняющих веществ в атмосферу или сбросы в водоемы; объемы твердых отходов). К показателям состояния окружающей среды относятся качество и количество природных ресурсов (индикаторы: концентрации вредных веществ в окружающей среде; наличие тяжелых металлов в организмах животных, выборка людей, подверженных химическому или радиационному загрязнению – всё это индикаторы состояния окружающей среды).

Показатели реакции характеризуют степень ответа общества на экологические угрозы: индивидуальные и/или коллективные действия, направленные на снижение отрицательной нагрузки на окружающую среду, компенсация экологического ущерба (показатели обустройства новых заповедных территорий, установка конвертеров на автомобили и т.д.).

Нефть оказывает токсическое воздействие на все виды морских организмов (рыб, фитопланктон, бактерии). Если в перспективе будет добываться порядка 80 млн. т нефти и при уровне потерь 0,1 %, то экологическая ситуация в Каспийском море может принять кризисный характер, так как 1 г нефтепродуктов делает непригодным 20 т воды [5, 9].

Основными источниками загрязнения Каспийского моря являются [1, 5, 7, 9, 10]:

1. Вынос загрязняющих веществ с речными стоками. Места поступления загрязняющих веществ с речными стоками на 90 % сосредоточены в Северном Каспии. Ежегодно в бассейн Волги сбрасывается 2,5 км³ неочищенных и 7 км³ условно очищенных сточных вод. В речных стоках обнаружено содержание токсических веществ выше предельно-допустимых концентраций: нефтепродуктов в 8...60 раз; фенолов в 3...35 раз; тяжелых металлов в 3...13 раз.

Основное загрязнение Каспия речными стоками со стороны Казахстана происходит от р. Жайык (Урал). В море поступают ионы тяжелых металлов, концентрация которых превышает предельно-допустимую (ПДК) в 4...12 раз.

Средние значения концентрации загрязняющих веществ и превышение нормативов ПДК в водах р. Жайык за 1990...2005 гг. [9, 10]: медь – 0,004/4,0; цинк – 0,026/2,6; хром – 0,0015/1,5; марганец – 0,020/2,0; нефтепродукты – 0,179/3,6; фенол – 0,001/1,0; СПАВ – 0,171/1,7 (числитель – концентрация вещества в мг/дм³, в знаменателе уровень загрязнения). В то же время, среднее значение концентрации загрязняющих веществ и превышение нормативов ПДК в водах Каспийского моря в пределах Атырауской области за 1990...2005 гг. (мг/дм³): медь – 0,0005/0,5; цинк – 0,005/0,5; хром – 0,009/9,0; марганец – 0,015/1,5; нефтепродукты – 0,114/2,3; фенол – 0,002/2,0; железо – 0,093/1,9.

Анализ качества воды Каспийского моря в различных секторах (Северная часть и акватория, прилегающая к Атырауской области) показывает, что уровень загрязнения практически не отличаются. Поэтому, уровень загрязнения воды по северной части моря можно принимать на одном уровне.

2. Сброс неочищенных коммунально-бытовых, промышленных и сельскохозяйственных вод с побережья. На побережье Каспийского моря расположено ряд городов и более 220 источников промышленных выбросов. Ежегодно сбрасывается порядка 39 км^3 сточных вод, из которых 8 км^3 содержат более 1000 химических соединений, включая токсичные. Города и поселки городского типа, достаточно интенсивно влияют на состояние прибрежных вод Каспия. С территорий государств Юго-Западной промышленной части Каспийского моря в сутки сбрасывается около 300 млн. м^3 неочищенных стоков и более 100 тыс. м^3 токсинов. С территории Республики Казахстан ежегодно в море поступают различные химические удобрения, используемые в сельском хозяйстве (до 80 % фосфора антропогенного происхождения). Среди них опасными для биоресурсов моря являются пестициды – типа гексахлорциклогексан и другие стойкие органические загрязнители (СОЗ).

3. Эксплуатация нефтяных и газовых скважин. Значительными источниками загрязнения Каспия прибрежными странами являются морские нефтепромыслы. Опыт освоения нефтегазоносных месторождений показывает, что даже при нормативном режиме добычи нефти каждая буровая установка является источником множества загрязнений, в которые входят твердые, жидкие и газообразные компоненты. В среднем в водную среду от одной скважины поступает: нефти – 30...120 т; буровые выработки – 200...300 т; буровой шлам – 150...400 т.

Доля уровня загрязнения Казахстаном каспийских вод нефтепродуктами в последние годы находится на уровне $0,07...0,21 \text{ мг/дм}^3$ (1...4 ПДК), концентрация фенола составляет $0,003...0,009 \text{ мг/дм}^3$ (3...9 ПДК), синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) – $0,008...0,029 \text{ мг/дм}^3$ (1...3 ПДК).

4. Судходство и транспортировка нефти водным путем. Водный транспорт является источником загрязнения морской акватории Каспийского моря, так как при его эксплуатации происходит утечка топлива и сброс промывных вод, содержащих нефть, нефтепродукты и синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), в море. Высокий уровень шума от кораблей отрицательно влияет на существование морских животных, происходит оглушение некоторых видов рыб, изменяются миграционные маршруты.

5. Вторичное загрязнение. Новым параметром экологической безопасности в Каспийском регионе является проблема вторичного загрязнения.

Этот процесс связан с поднятием уровня Каспийского моря, что приводит к затоплению промышленных и хозяйственных объектов. Многие токсичные вещества, попадают в море и становятся причиной его вторичного загрязнения. На прибрежной территории Казахстана под угрозой возможного затопления оказались 45 нефтепромыслов, месторождений нефти и газа, среди них уникальные – Тенгизское, Королевское, Каламкас, Каражанбас. Особую опасность представляет эксплуатация нефтяных месторождений, попавших в зону затопления. Это Мартыши, Камышитовое, Жанаталап, Западная Морская Прорва, Теренозек, Ботахан, Карсак и др. Практически все они находятся в воде из-за фильтрации морских вод через дамбы. Полностью затопленными оказались крупнейшие скважины и месторождения нефти – Восточная Кокарна, Тажигали, Прибрежное, Пустынное, Морское. Это является угрозой не только биологическому разнообразию, но и всей экосистеме Каспийского моря. Угрозе существования подверглась и фауна Каспийского моря, где сосредоточено 90 % мировых запасов осетровых рыб, большое количество видов орнитофауны, эндемик – каспийский тюлень.

Таким образом, основными источниками загрязнения акватории Северной части Каспийского моря являются: загрязняющие вещества, поступающие со стоком материковых вод; загрязнение моря через атмосферный воздух; аварии и катастрофы судов; фильтрационные воды; непосредственный сброс сточных вод в само море (рис.).

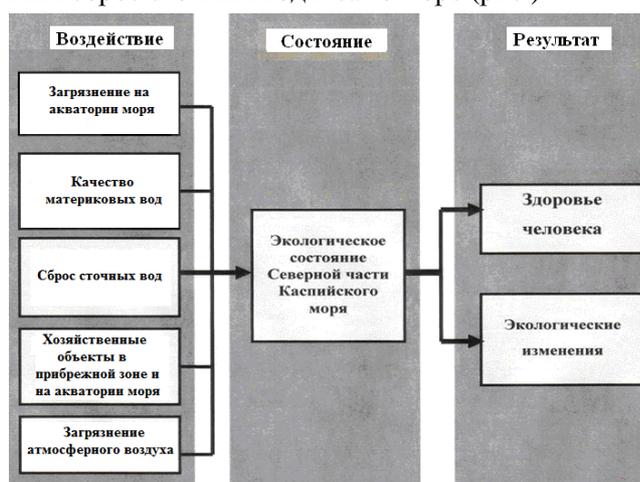


Рис. Взаимосвязь процессов: воздействие – состояние- результат при разрешении проблем охраны окружающей среды в Казахстанской части Каспийского моря.

Поэтому основное уравнение, выражающее загрязнение воды в Каспийском море (основные составляющие или факторы, влияющие на загрязнение воды в море) имеет следующий вид:

$$G_{заг}^{К.м} = G_{заг}^{акв.м} + G_{заг}^{нр.мер} + G_{заг}^{ст.в} + G_{заг}^{водс}, \quad (3)$$

где $G_{заг}^{К.м}$ – загрязнение воды в Каспийском море; $G_{заг}^{акв.м}$ – загрязнение на акватории моря; $G_{заг}^{нр.мер}$ – загрязнение объектами, расположенными на прибрежной территории; $G_{заг}^{ст.в}$ – загрязнение сточными водами; $G_{заг}^{водс}$ – загрязнение, поступающее со стоком рек и с водосборной площади Каспийского моря.

Основные соотношения, выражающие уровень загрязнения моря:

$$G_{заг}^{К.м} - J_{н/охр.м} \leq G_{сам.сн}^{К.м}, \quad (4)$$

$$J_{н/охр.м} \geq G_{заг}^{К.м} - G_{сам.сн}^{К.м}, \quad (5)$$

где $J_{н/охр.м}$ – уменьшение загрязнения воды в Каспийском море в результате проведения комплекса природоохранных мероприятий в бассейне и на акватории; $G_{сам.сн}^{К.м}$ – самоочищающаяся способность Каспийского моря.

Анализ качества воды Каспийского моря показывает, что предотвратить прогрессирующий уровень его загрязнения не удастся. Учитывая огромное незаменимое социально-экономическое и экологическое значения Каспийского моря, не только для суверенного государства Республики Казахстан, но и для всех Прикаспийских государств, и в целом для мирового сообщества, а также исходя из Водного и экологического кодексов, концепции развития РК на 2007...2024 г., требований Декларации Рио-де-Жанейро 1992 г. и Европейской директивы 2000 г. устанавливаем, что уровень загрязнения моря не должен превышать его самоочищающей способности.

По данным [8] степень влияния отдельных источников загрязнения на качество воды Мирового Океана в долях (%) составляет:

- морские перевозки – 38;
- добыча из месторождений в открытом море – 2;
- прибрежные нефтеочистительные предприятия – 3;
- промышленные отходы – 5;
- городские сточные воды – 5;
- вынос примесей с речным стоком – 27;
- естественное поступление веществ из расположенных под дном месторождений – 10;
- поступление примесей с атмосферными осадками – 10.

Анализ показывает, что для Северного сектора Каспийского моря на долю материковых вод приходится 80 %, а на долю атмосферного воздуха – 10 %. Соответственно на долю: непосредственного сброса сточных вод в само море – 4 %, и соответственно на долю фильтрационных вод поступающих от различных типов хранилищ и линейных сооружений размещенных на прибрежной зоне, а также на долю загрязнения акватории моря через аварии и катастрофы судов, происходящих на акватории моря, а также на фильтрации нефтепродуктов через нефтедобывающие объекты, размещенных непосредственно на акватории моря приходится по 3 %.

Таким образом, в основу природоохранных мероприятий, закладывается условие «Нулевого загрязнения», т.е. море чистое. Предположим, что загрязнение воды моря идет через атмосферный воздух, и составляет 10 % от суммы всех загрязнений. На первом этапе, такое условие – вынуждено, а в перспективе необходимо предотвратить и загрязнение воды через атмосферный воздух. Сегодня, это не представляется возможным. Тогда, уравнение (3) по определению общей концентрации нефтепродуктов, поступающих в воду Каспийского моря, представляется как:

$$\left(G_{заг}^{К.м}\right)_n = \left(G_{заг}^{водс}\right)_n + \left(G_{заг}^{акв.м}\right)_n + \left(G_{заг}^{пр.мер}\right)_n + \left(G_{заг}^{ств}\right)_n = \left(G_{заг}^{водс}\right)_n + 0,40 \cdot \left(G_{заг}^{водс}\right)_n, \quad (6)$$

где n – индекс, характеризующий поступающие вещества. Другие обозначения приведены выше.

На современном уровне, нет рекомендаций по определению самоочищающейся способности морей и океанов. Очевидно, это вызвано, особенностями внутреннего водоема или же морей и океанов, и отсутствием возможности для их универсализации. Поэтому предлагается следующая предпосылка. Разница между концентрациями нефтепродуктов в исходной воде (загрязнение стока р. Жайык) и концентрациями нефтепродуктов в морской воде и есть самоочищающаяся способность самого моря. Тогда, самоочищающаяся способность самого моря (с учетом разбавления) $\left(G_{сам}^{К.м}\right)$

$$G_{сам}^{К.м} = \left(G_{заг}^{К.м}\right)_n - G_{заг}^{К.м}, \quad (7)$$

где $\left(G_{заг}^{К.м}\right)_n$ – общая концентрация загрязняющих веществ (нефтепродуктов), поступающих в воду Каспийского моря (потенциальная возможность загрязнения воды моря в сумме от всех видов источников загрязнений, учитывающих каждый вид загрязняющих веществ); $G_{заг}^{К.м}$ – фактический уровень загрязнения воды Каспийского моря.

При этом $G_{заг}^{водс}$, принимается равным концентрации нефтепродуктов в водах р. Жайык, то есть – 0,179 мг/дм³. Хотя, основное загрязнение представляет сток р. Волги. В то же время, необходимо подчеркнуть, что загрязнение воды р. Волги и р. Жайык идентичны и почти равнозначны.

$$\text{Откуда } (G_{заг}^{K..M})_n = 0,179 + 0,4 \cdot 0,179 = 0,251 \text{ мг/дм}^3.$$

Тогда, самоочищающаяся способность самого моря (с учетом разбавления) $G_{сам}^{K..M} = (G_{заг}^{K..M})_n - G_{заг}^{K..M} = (0,251 - 0,114) = 0,137 \text{ мг/дм}^3$.

После установления самоочищающейся способности Каспийского моря, необходимо назначить комплекс природоохранных мероприятий, обеспечивающих сокращение (снижение) уровня загрязнения водных ресурсов:

- на акватории моря;
- в прибрежной зоне;
- загрязнение воды моря, при непосредственном сбросе сточных вод (сточные воды, сбрасываемые в море по 3 выпускам, два из которых принадлежат РГП «Маэж» (сбросные каналы 1 и 2), один – АО «Казахрыбфлот»);
- на площади водосбора моря или то же самое на водосборах рек.

Для районирования акватории моря по уровню загрязнения, необходимо располагать данными о загрязнении в 5...6 точках (координатах), например, устье р. Жайык, прибрежная территория моря 2...4 точки, порт Актау и др. Тогда для улучшения состояния качества воды в любом районе моря (в соответствии с уровнем загрязнения в фиксированных координатных точках моря), в зависимости от антропогенного источника загрязнения, можно назначать или определять комплекс (перечень) природоохранных мероприятий, предотвращающих поступление загрязнений в море.

Например. Уровень загрязнения воды моря в районе устья р. Жайык составляет – $G_{заг}^{K..M} = 0,251 \text{ мг/дм}^3$. Самоочищающаяся способность моря – $G_{сам.сп}^{K..M} = 0,137 \text{ мг/дм}^3$. Тогда, природоохранные мероприятия, должны обеспечивать, уровень очистки воды р. Жайык равной: $J_{н/охр..м} = G_{заг}^{K..M} - G_{сам.сп}^{K..M} = 0,251 - 0,137 = 0,114 \text{ мг/дм}^3$.

Откуда устанавливается, что в бассейне р. Жайык должны осуществляться природоохранные мероприятия, обеспечивающие концентрацию приточной воды, не превышающую 0,114 мг/дм³.

В заключении подведем итоги. Основными источниками загрязнения воды Северной части Каспийского моря являются: загрязнение моря веществами, поступающими со стоком материковых вод; загрязнение акватории моря через атмосферный воздух; загрязнение акватории моря в

результате аварий и катастроф судов; фильтрационные воды, поступающие от различных типов хранилищ и линейных сооружений, размещенных в прибрежной зоне; непосредственный сброс сточных вод в море.

Выявлены принципы установления комплекса природоохранных мероприятий по охране и восстановления качества воды в Казахстанской части Каспийского моря. Все градации и масштабы природоохранных мероприятий, должны исключать уровень загрязнения воды, превышающий самоочищающую способность моря. В основу природоохранных мероприятий по восстановлению качества воды в Казахстанской части Каспийского моря должны приниматься положения о том, что вообще недопустимо загрязнение воды моря, т.е. никаких загрязнений.

Предложено основное уравнение, выражающее загрязнение воды в Каспийском море (основные составляющие или факторы, влияющие на загрязнение воды в море). Таким образом, установлено основное соотношение, выражающее уровень загрязнения моря. При этом, уровень загрязнения моря не должен превышать самоочищающей способности самого моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атырауская область. Состояние окружающей среды и природных ресурсов. – Астана, 2003 г.
2. Биологическая очистка сточных вод. – Самара, 1998. – 215 с.
3. Заурбек А.К., Нурлыбаев Б.А., Заурбеков М.А., Ким В.В. Равновесное экологическое состояние в биосфере. // Водное хозяйство Казахстана. – 2008. – № 4 (20). – С. 2-4.
4. Заурбек А.К., Сулейменова Ж.А., Нурлыбаев Б.А., Заурбекова Ж.А. Использование природных ресурсов и экологическая безопасность // Водное хозяйство Казахстана. – 2006. – № 4 (12). – С. 17-20.
5. Зонн И.С. Каспий: иллюзии и реальность. – М.: ТОО «Коркис», 1999. – 467 с.
6. Концепция перехода Республики Казахстан к устойчивому развитию на 2007...2024 гг. – Астана, 2007. – 20 с.
7. Мангистауская область. Состояние окружающей среды и природных ресурсов. – Астана, 2003 г.
8. Мелиорация и водное хозяйство. Т. 5. Водное хозяйство / Под ред. И.И. Бородавченко. – М.: Агропромиздат, 1988. – 399 с.
9. Сарсембеков Т.Т. и др. Использование и охрана трансграничных рек в странах Центральной Азии. – Алматы: Атамұра, 2004. – 272 с.

10. Станция Заправки Морских Судов. / Пояснительная Записка. Аджип ККО 2003/0587-02 / 00-ОП ЗАО «НИПИнефтегаз». – Актау: Виттеveen + Бос Казахстан, 2004. – 184 с.
11. Экология и экономика природопользования: учебник для вузов / Под ред. Э.В. Гирусова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. – 591 с.

НИИ водного хозяйства, г. Тараз

**КАСПИЙ ТЕҢІЗІНІҢ ҚАЗАҚСТАН БӨЛІГІ
СУЛАРЫНЫҢ ЛАСТАНУЫН БАҒАЛАУДЫҢ
ҒЫЛЫМИ-ӘДІСТЕМЛІК НЕГІЗДЕРІ**

В.В. Ким

Каспий теңізінің Қазақстан бөлігіндегі суларын ластайтын негізгі көздерді талдай отырып, оның экожүйелеріне түсіруге болатын жүктемелерді анықтаудың әдістемесі түзелген.