



## ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

УДК 502/504 (262.81)

### СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ БАСЕЙНА КАСПИЙСКОГО МОРЯ

© 2013 *Абдурахманов Г.М.<sup>1</sup>, Сокольский А.Ф.<sup>2</sup>, Брумштейн Ю.М.<sup>3</sup>, Сокольская Н.И.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Дагестанский государственный университет,

<sup>2</sup>Астраханский инженерно-строительный институт,

<sup>3</sup>Астраханский государственный университет

Обсуждаются актуальные вопросы эколого-биологических исследований Каспийского моря. Приводятся материалы обосновывающие необходимость создания единой информационной системы и экономические аспекты этой проблемы  
This article is devoted to the topical issues of ecological-biological researches of the Caspian Sea. There some materials about necessity of creation of the united data system are presented as well as some economic aspects of this problem are discussed.

**Ключевые слова:** Экология, биология, математические модели, экономика

**Key words:** Ecology, biology, mathematical models, economy

В данном разделе авторы попытались комплексно рассмотреть проблему организации эколого-биологических исследований (ЭБИ), проводимых в Каспийском регионе. Постановка этой задачи оправдывается с одной стороны тем, что значимость региона увеличивается (в т.ч. с учетом расширения добычи топливно-энергетических ресурсов), а с другой – необходимостью рационального расходования средств и усилий при проведении исследований в регионе. При этом основное внимание уделяется формированию системного подхода и обоснованию теоретико-математических основ такого подхода.

#### 1.1. Цель и основные задачи ЭБИ на Каспии

Можно считать, что основной целью ЭБИ Каспийского моря является информационно-техническая поддержка принятия решений, направленных на обеспечение рационального природопользования в регионе с учетом роста техногенной нагрузки [Панин] и изменения природно-климатических условий. В более общем плане, ЭБИ являются необходимым элементом комплексной системы управления [Учитель] социально-экономическим развитием Каспийского региона. С позиций теории управления [Кунц] можно считать, что результаты ЭБИ представляют собой "сигнал обратной связи" в системе управления экологическим состоянием Каспия, регулирования техногенной нагрузки на нее. Отсюда вытекает ряд задач, направленных на достижение этой цели: определение состава информации, необходимой для поддержки принятия объективных и своевременных решений; оценка необходимых характеристик для данных ЭБИ (точность, периодичность, пространственная привязка и пр.); подбор рациональных источников и методов получения информации с учетом существующих ресурсных ограничений; систематизация и всесторонний анализ этих данных [Системный анализ], включая применение математических и иных методов [Лакин]; использование существующих и разработка новых методов интегральной оценки [Савинов] экологического состояния экосистемы Каспия и ее отдельных районов; прогнозирование развития эколого-биологических процессов на Каспии, в т.ч. в рамках поддержки принятия упреждающих [Учитель] решений; выработка рациональных решений, связанных с проведением исследований, оценкой экологической ситуации [Усманов] и ее прогнозированием; координация принимаемых решений по проведению исследований и природопользованию на различных уровнях; управление реализацией принимаемых решений [Учитель], внесение в них корректив по ходу выполнения. Каждая из перечисленных задач имеет свои особенности, включая ресурсные ограничения различных типов. Часть этих задач анализируется ниже.

#### 1.2. Общие характеристики данных экологических исследований.

В теории принятия решений [Орлов, Системный анализ, Черноруцкий] обосновывается, что информация, имеющаяся в распоряжении лиц принимающих объективные решения должна быть адекватна важности (ответственности) и сложности самих решений. Слишком узкая номенклатура данных в общем случае будет



приводить к ухудшению качества решений, а слишком широкая - неоправданно увеличивать стоимость информационной поддержки и, в общем случае, затруднять принятие решений.

С общеметодологических позиций применительно к рассматриваемой в разделе проблематики важнейшими характеристиками информации являются: актуальность – с учетом времени, затрачиваемого на проведение исследований и их обработку; достоверность (определяемая, в том числе, и корректной методологией проведения исследований); достаточно полный пространственный охват исследуемой территории; периодичность (частота) регулярных исследований; объемы данных, получаемых в результате исследований; точность результатов, получаемых в количественной форме. Требования к некоторым из перечисленных выше параметров носят взаимно противоречивый характер. Так, увеличение объемов собираемой эколого-биологической информации обычно приводит к увеличению длительности ее обработки и, как следствие, снижению актуальности. Повышение точности результатов исследований (например, "глубины" классификации при анализе проб фитопланктона) ведет к увеличению трудоемкости обработки и задержке получения результатов. Это может приводить к снижению количества обрабатываемых проб, сокращению числа мест проведения исследований.

Таким образом, здесь возникают многопараметрические задачи принятия оптимальных решений [Грешилов, Черноуцкий], в т.ч. для многосвязных областей допустимых решений (с учетом того, что могут быть выбраны альтернативные методы исследований).

В общем случае можно считать, что оптимальным в отношении абсолютной величины "полезности" является  $m$ -ое решение в отношении проведения исследований, для которого имеет место

$$\max_m \left( Q_m = \sum_{i=1}^{I_m} (P_{i,m} - Z_{i,m}) \right) \quad (1.1)$$

где:  $Q_m$  - оценка "полезности"  $m$ -го решения;  $I_m$  - количество видов исследований для  $m$ -го варианта;  $P_{i,m}$

и  $Z_{i,m}$  - положительный эффект (ПЭ) и затраты, относящиеся к  $i$ -ому виду исследований в  $m$ -ом варианте. На практике такой подход может осложняться тем, что "полезность" исследований может быть существенно различной для разных групп потребителей их результатов. Отметим еще, что в общем случае ПЭ может включать в себя величину предотвращенного ущерба.

### 1.3. Источники информации и состав экологических исследований

Основными источниками информации, для поддержки принятия решений, связанных с природопользованием в Каспийском регионе, могут быть: опубликованные литературные данные (научные публикации, статистические сборники и пр.) по результатам уже выполненных ранее исследований, сбора статистического материала и т.п.; неопубликованные данные по уже сделанным исследованиям, включая "открытые" и секретные данные, данные "для служебного пользования" и представляющие собой "коммерческую тайну" [Коммерческая тайна-Закон]; данные, взятые из средств массовой информации и Интернета; компьютерные базы данных, в т.ч. на лазерных дисках; данные собственных исследований научных работников (в т.ч. полевых работ, лабораторных экспериментов, имитационного моделирования).

В ряде случаев достаточен лишь сбор информации из открытых источников и их систематизация (преимущества - дешевизна и высокая скорость получения результатов, недостатки - неполнота информации, недостаточно высокая точность и пр.). Однако часто необходимо проведение полевых исследований, что требует достаточно трудоемких и дорогостоящих операций, а также значительных ресурсов календарного времени.

Традиционно на Каспии выполняется большой объем экологических исследований. Упомянем здесь, прежде всего, такие виды исследований: гидрометеорологические наблюдения (включая наземные территории, примыкающие к Каспию); исследования температурного режима Каспийского моря; изучение процессов льдообразования и таяния льда на севере Каспия; изучение циркуляции течений, в т.ч. их изменчивости по сезонам года и в зависимости от величины объемов паводков на реках; гидрохимические исследования водной среды устья реки Волги и Каспия на различных участках; исследования загрязненности грунтов – особенно в Северном Каспии; исследования бактериопланктона, фито- и зоопланктона; изучение бентоса; исследования медуз, рыб и др.; изучение млекопитающих (тюлень); токсикологические исследования по различным направлениям, в т.ч. в путем использования биотестирования [Панин].

К дистанционным методам относятся, прежде всего: аэрофотосъемка и космическая съемка (включая многозональную и в ИК-диапазоне); радиолокационное зондирование поверхности моря с самолетов и спутников. При этом радиолокационное зондирование может использоваться и для определения поверхностных загрязнений моря.

Отметим еще направления исследований, непосредственно связанные с природопользовательской деятельностью в регионе: определение фактических уровней добычи рыбы и млекопитающих (включая вероятные



оценки браконьерской добычи); загрязнение водной среды за счет транспорта, стока рек, переноса загрязнений с окружающих территорий воздушными массами и пр.; влияние дноуглубительных работ (порты, каналы и пр.) на состояние водной среды и его обитателей; возможное влияние геологоразведочных работ на акватории Каспия на экосистему; возможное загрязнение водной среды Каспия при разработке топливно-энергетических ресурсов, залегающих под дном Каспия (при добыче и транспортировке).

Построение имитационных компьютерных моделей в сфере экологии [Романов] обычно осуществляется с использованием экспериментально-статистических данных и некоторых теоретических представлений. Такие модели могут использоваться для уточнения характера протекания процессов в экосистеме Каспийского моря и для целей прогнозирования, в т.ч. в рамках предполагаемой реализации различных сценариев развития событий. Попыток создания моделей экосистемы Каспия было уже много, при этом задачи тепломассообмена моделировались достаточно успешно. В то же время комплексные модели процессов, связанных с биотой Каспия, часто давали неточные или даже неадекватные результаты - это связано с объективной сложностью протекающих процессов, неполнотой знаний о них и сложностями алгоритмизации выявленных механизмов функционирования биоты.

Укажем основные типы организаций, проводящих ЭБИ на Каспии: академические и рыбохозяйственные организации. Для России это, прежде всего, институты ВНИРО (Москва), КаспНИРХ (Астрахань), Южный научный центр РАН (Ростов), Институт океанологии РАН (Москва). После распада СССР и появления на Каспии таких самостоятельных государств как Казахстан, Туркмения и Азербайджан, в них также были созданы научно-исследовательские структуры, ориентированные на изучение Каспия. Отметим также важное значение исследований, связанных с Каспием, сотрудников учебных университетов прикаспийских государств, включая расположенные в г.Астрахани (Государственный университет и Государственный технический университет); природоохранные организации; подразделения топливно-энергетических компаний (включая добывающие и транспортные компании); неправительственные (общественные) организации, включая экологические движения и пр.

В результате проводимых исследований (наблюдений) накапливаются большие объемы данных, в т.ч. хранимые как базы данных (БД) [Барсегян]. Авторские права на БД (в т.ч. имущественные) регулируются частью 4-ой Гражданского Кодекса РФ (ГК РФ). Однако используемое в ней толкование БД отличается от такового, принятого в сфере информационных технологий [Брум-1]. В частности, ИТ-специалисты обычно считают, что программные средства (ПС), обеспечивающие работу с БД входят в нее. В то же время по ГК РФ "программы для ЭВМ" это отдельный объект авторского права.

В юридической литературе (например, [Близнец, с.133]) отмечается, что БД сейчас охраняются не только авторским правом (как составные произведения), но и как объекты смежных прав (ст.1333-1336 ГК РФ). В последнем случае предоставляемая БД "*...охрана не зависит от наличия или отсутствия творческого труда при составлении базы данных*".

#### 1.4. Процессы автоматизации и информатизации исследований

Автоматизация эколого-биологических исследований на Каспии сейчас в целом находится в начальной стадии. Это касается как проведения полевых работ, так и лабораторной обработки проб. Автоматизированы в основном лишь процессы измерения некоторых абиотических параметров, в т.ч. в рамках автоматизированного мониторинга экосистем.

Необходимость в систематизации (структуризации) накапливаемых данных возникает обычно лишь в случае, когда они имеют большие объемы. Сейчас для этой цели используются преимущественно "компьютерные БД" [Барсегян]. Применяются также информационно-справочные и информационно-аналитические системы, включающие в себя БД и ПС обеспечения интерфейса с пользователем, программы обработки данных и пр. В последнее время все более широко используются "хранилища данных" и "витрины данных" [Барсегян]. Отбор данных в хранилища производится из БД и иных источников информации. Отметим, что информация в хранилищах информации: носит слабо изменяющийся характер; поддерживается хронология (моменты получения) данных. Витрины - это предметно-ориентированные хранилища данных по определенной тематике.

Быстрый рост производительности ЭВМ и, особенно, емкостей носителей информации, фактически снял проблемы ограничения объемов БД. Однако остаются актуальными вопросы эффективности обеспечения селективного доступа к информации в больших БД и к плохо структурированной информации типа массивов научных публикаций в электронной форме.

Использование в БД подходов типа "индексации" единиц хранения информации позволяет обеспечить возможность задания их принадлежности сразу нескольким классификационным группам и подгруппам информации.

Для целей анализа информации и прогнозирования процессов могут применяться различные математические методы. Перечислим наиболее популярные среди них в эколого-биологических исследованиях [Лакин]: анализ таблиц сопряженности признаков (для качественных данных); оценка достоверности различий между выборками с попарно связанными и не связанными вариантами; регрессионный и корреляционный анализ; дис-



персионный анализ; методы многомерного статистического анализа (включая метод главных компонент и главных факторов); кластерный анализ; методы анализа временных рядов и пр. Эти методы реализованы в многочисленных профессиональных пакетах статистического анализа данных (например, Statistica, Statgraphics+ и пр.). Приведенные методы достаточно широко используются при обработке исследовательских данных по Каспию, причем их применение носит не стандартизованный характер.

В сфере информационных технологий также происходит интенсивное развитие методов анализа данных. Если ранее популярными были лишь OLAP (в рамках оперативного анализа данных) и Data Mining (в основном для выявления не очевидных зависимостей), то теперь появились и другие направления [Барсегян], прежде всего Visual Mining и Text Mining.

Как уже отмечалось, особым направлением является применение имитационного моделирования экологических процессов. Для моделей такого сложного объекта как Каспийское море в целом (или даже его отдельная часть) требуется достаточно подробная пространственная дискретизация. При исследовании динамических процессов необходима также дискретизация процессов по времени, причем с относительно малым шагом. Поэтому задачи имитационного моделирования в вычислительном отношении часто оказываются чересчур трудоемкими для обычных ПЭВМ. Как альтернативы возможны: применение суперкомпьютеров (они пока все еще достаточно редки); использование вычислительных кластеров (совокупностей совместно работающих ЭВМ); динамическое управление структурой ЭВМ, построенных на программируемых логических интегральных схем (ПЛИС). По крайней мере кластерные структуры уже использовались в рамках имитационного моделирования Каспия.

### 1.5. Возможные подходы к планированию и комплексной оценке результатов ЭБИ, прогнозированию экологических процессов

Рассмотрим задачу распределения точек исследований между отдельными участками (в пределах изучаемой зоны) в случае, если количество таких точек является ограниченным в связи с лимитированием по доступным ресурсам (например, по длительности экспедиционных исследований, трудоемкости обработки проб и пр.). При этом мы считаем, что в пределах участка в течение года исследования могут быть выполнены в одной или большем количестве точек (или в одной и той же точке, но неоднократно). Общее количество исследований примем равным " $\Psi$ ". Важность информации по участкам (например, с рыбохозяйственной точки зрения) оценим вектором  $\{G_k\}_{k=1...K}$ , где " $K$ " – общее количество участков. Кроме того, будем считать известными оценки "изменчивости" внутригодовой динамики некоторого интегрального показателя для участка (например, суммарного количества биотической и абиотической информации) – в виде  $\{D_k\}_{k=1...K}$ . Такие оценки могут быть сделаны по результатам ранее выполненных исследований на том же или соседних участках. Тогда для " $k$ "-ого участка количество исследований можно оценить по формуле

$$\xi_k = \Psi * (G_k^\alpha * D_k^\beta) / \sum_{f=1}^K (G_f^\alpha * D_f^\beta) \quad (1.5)$$

При этом соотношение коэффициентов  $\alpha, \beta$  определяет относительные значимости "рыбохозяйственной важности" и "изменчивости". На практике применение этой формулы может вызывать технические трудности, т.к. количества исследований должны быть "целыми", а  $\xi_k$  вычисленные по (2.5) могут быть и "не целыми". Возможные решения: переход от одногодичного планирования исследований к 2-3 годичному; "неполное проведение" исследований в отдельных точках (например, менее "глубокий" разбор проб зоопланктона) и пр. В общем случае планирование распределения точек исследований может быть динамическим и меняться от года к году. На практике в рамках одной организации совокупность точек исследований обычно фиксируется на ряд лет - для обеспечения сопоставимости результатов.

Оценки отдельных компонентов водных биосистем принято [Мусатов-2] осуществлять по следующим направлениям: характеристики органического вещества в водной среде; фитопланктон (и, прежде всего, его биомасса на единицу площади); бактериопланктон; зоопланктон; зообентос. В качестве расчетных характеристик экосистем упомянем: оценки трофических типов водоемов (участков водоемов); первичную продукцию; оценки отношения "продукции" к "биомассе" (в т.ч. для бактерио- и зоопланктона); поток энергии через экосистемы (а также отношение параметров потока энергии к первичной продукции); оценки устойчивости экосистем (последний параметр можно отнести и к комплексным). Для биосистемы Каспия важной особенностью является перенос вещества и энергии между отдельными участками моря. Поэтому последние в общем случае



должны рассматриваться совместно.

По методам определения (расчета) большинства этих показателей существует достаточно обширная литература – например [Мусатов-2]. Отдельно остановимся на вопросах "устойчивости". В ЭБИ устойчивость чаще всего связывается с видовым разнообразием, как фактором, обеспечивающим потенциальную возможность адаптации экосистем к возможным изменениям внешних условий. При этом количественные критерии устойчивости чаще всего не применяются.

Такое понимание отличается принятого в теории управления системами, для которой характерно использование понятия "область устойчивости". Этот термин означает, обычно, ту область сочетаний параметров, для которой система, будучи выведенной из первоначального стационарного состояния возмущающим воздействием, возвращается к нему с течением времени. Подчеркнем, что термин "стационарное" не тождественен "статическому", т.к. стационарной может быть и система, находящаяся в состоянии периодических (установившихся) колебаний.

Дополнительно применяется и термин "запас устойчивости", относящийся к возможным разовым изменениям отдельных параметров (или их совокупностей), не приводящих к потере устойчивости системы. Могут быть использованы как минимум следующие характеристики устойчивости: запасы устойчивости по отдельным параметрам (абсолютные и относительные); средний запас устойчивости системы по возмущающим воздействиям и др.

Будем для простоты рассматривать статическое состояние системы. Для абсолютной устойчивости  $i$ -ого параметра могут быть использованы следующие формулы – для возмущений в "плюс" и "минус"

$$Z_{(i)+}^{(a)} = Z_{\max(i)} - Z_{c(i)}; \quad Z_{(i)-}^{(a)} = Z_{c(i)} - Z_{\min(i)} \quad (1.6)$$

$$Z_{(i)+}^{(r)} = (Z_{(i)\max} - Z_{(i)c}) / Z_{(i)c}; \quad Z_{(i)-}^{(r)} = (Z_{(i)c} - Z_{(i)\min}) / Z_{(i)c} \quad (1.7)$$

где:  $Z_{(i)\max}; Z_{(i)\min}$  - максимально и минимально допустимые (с позиций сохранения устойчивости системы) значения для  $i$ -ого параметра;  $Z_{(i)c}$  - текущее значение того же параметра; верхние индексы "(a)" и "(r)" соответствуют абсолютному и относительному критериям. Тогда минимальный запас устойчивости по абсолютному критерию

$$\min( \min_i (Z_{(i)+}^{(a)}); \min_i (Z_{(i)-}^{(a)}) ) \quad (1.8)$$

Соответственно "критическим" будем считать тот параметр, по которому достигается этот минимум. Средний запас устойчивости оценим как

$$Z_{(i)+}^{(sr)} = \left( \sum_{i=1}^I (Z_{(i)+}^{(a)} + Z_{(i)-}^{(a)}) \right) / (2 * I) \quad (1.9)$$

Для экосистемы Каспия "реакция" на появление в ней медузы Mnemiopsis оказалась весьма значительной и уже привела к существенному уменьшению кормовой базы ценных видов рыб. При этом, судя по всему, процессы перехода к иному "стационарному" состоянию еще не завершились.

На практике важна реакция системы и на постоянное изменение каких-то влияющих факторов. Обычно при этом система переходит в некоторое другое стационарное состояние с иным набором параметров

$\{Z'_{(i)c}\}_{i=1...I}$ . В целом чувствительность системы к воздействию таких факторов в линейном приближении (что иногда может быть оправдано лишь для относительно небольших изменений значений этих факторов) можно представить матрицей чувствительности. Ее структуру покажем для случая трех влияющих факторов и четырех параметров системы (демонстрационный пример)

$$[T] = \begin{bmatrix} \partial P_1 / \partial F_1 & \partial P_1 / \partial F_2 & \partial P_1 / \partial F_3 \\ \partial P_2 / \partial F_1 & \partial P_2 / \partial F_2 & \partial P_2 / \partial F_3 \\ \partial P_3 / \partial F_1 & \partial P_3 / \partial F_2 & \partial P_3 / \partial F_3 \\ \partial P_4 / \partial F_1 & \partial P_4 / \partial F_2 & \partial P_4 / \partial F_3 \end{bmatrix} \quad (1.10)$$



При этом величины частных производных в (1.10) могут быть в принципе оценены следующими методами: по данным полевых исследований; в результате лабораторных экспериментов; с использованием методов математического моделирования; использованием экспертных оценок. На практике подходы на основе (1.10) осложняются тем, что время реакции системы на влияющие факторы (время перехода в новое стационарное состояние) может быть достаточно значительным.

Сложность методов комплексной оценки экологической ситуации и ее динамики в общем случае может определяться следующими факторами: разнородность источников информации и одновременность моментов проведения исследований; различия в используемых методиках (в т.ч. при проведении исследований различными организациями); неполнота информации, используемой для оценки и пр.

Для комплексной оценки загрязнения водной среды на  $n$ -ом участке моря может быть эффективен интегральный показатель вида

$$\Omega_n = 100\% * \sum_{j=1}^J (\Phi_j / U_j) \quad (1.11)$$

где:  $\Phi_j$  - фактическое значение показателя загрязненности для  $j$ -ого фактора, а  $U_j$  - нормативное значение для этого фактора (или его фоновая характеристика [Усманов]). Сравнение различных участков исследуемой зоны по показателю  $\Omega$  возможно, если: набор измеренных показателей является одинаковым, а сами измерения носили либо одномоментный характер, либо являлись результатом усреднения по времени. В рамках наглядного сопоставления таких показателей по различным участкам Каспия целесообразна цветовая кодировка в рамках контура Каспийского моря. Альтернативный по отношению к (1.11) подход

$$\Omega_n = 100\% * \sum_{j=1}^J \left\{ \frac{(F_j / U_j) - n_{пу} - F_j > U_j}{0 - n_{пу} - F_j \leq U_j} \right\} \quad (1.12)$$

Состояние участков экосистем часто оценивается также на основании показателей биологического разнообразия. Сейчас наиболее объективным из них считается показатель "эквитабельности" ( $\Theta$ ) [Федоров]

$$\Theta = H_s / \ln(s); \quad H_s = \sum_{i=1}^I p_i \ln(p_i); \quad p_i = K_i / \sum_{i=1}^I K_i \quad (1.13)$$

где:  $K_i$  - численность особей  $i$ -ого вида (или их суммарная биомасса). Наглядное изображение показателей биоразнообразия также возможно с помощью цветовой кодировки на карте.

Представляет интерес также "информационный" подход, концептуально обоснованный в [Савинов]. При этом для каждого участка исследований оценивается объем "биотической" и "абиотической" информации

(в [Савинов] для этой цели предлагается использовать индекс Шеннона  $H_s$  из формулы (1.13) оценивающий показатель разнообразия). Однако для Каспия суммарное количество "информации" по участкам, оцененное таким образом, будет испытывать, как минимум, значительные внутригодовые циклические колебания. При этом с позиций распределения "усилий" по участкам исследований важен не столько внутригодовой "размах" колебаний (например, индекса разнообразия по видам или биомассы зоопланктона), сколько межгодовые различия в таких колебаниях.

Прогнозирование в ЭБИ сейчас осуществляется с использованием следующих подходов: на основе анализа временных рядов; с применением регрессионных уравнений, полученных на основании экспериментальных данных; имитационного моделирования процессов и систем. При прогнозировании обычно учитывают выделенные ранее: многолетний тренд; циклические колебания показателей (прежде всего годовые); статистические взаимосвязи отдельных показателей и пр.

### 1.6. Направления и технологии принятия решений

Первая группа решений связана с планированием и реализацией последующих исследований, включая: выбор номенклатуры исследований; их методик; мест, сроков, объемов исследований; методов математической обработки и пр. По крайней для лабораторных исследований целесообразно упомянуть методы "Теории планирования эксперимента" [Астватурянц], которые позволяют оптимизировать расположение точек проведения исследований в факторном пространстве. Существенно, что в силу взаимосвязей между экологи-



биологическими процессами их диагностика возможна не только по прямым показателям, но и по косвенным [Мусатов-2], что часто позволяет сократить объемы исследований. Вторая группа включает решения, связанные с управлением: социально-экономическими системами, экологической обстановкой, природопользовательской деятельностью и пр.

При этом решения могут носить [Черноруцкий, Учитель]: стратегический и оперативный характер; приниматься индивидуально или коллективно; выбора альтернатив при полной или неполной информации.

Основными ресурсными ограничениями, связанными с принятием решений по эколого-биологическим исследованиям можно считать следующие ограничения: финансовые, связанные с затратами на сбор (получение) информации, ее структуризацию, хранение, обеспечение доступности (в т.ч. при селективном выборе), анализ данных, включая выявление неявных зависимостей - Data Mining, Visual Mining и др. [Барсегиан]); связанные с наличием и характеристиками исследовательского оборудования (включая его точность и возможности проведения отдельных видов исследований), экспедиционными судами и пр.; связанные с доступными ресурсами астрономического времени; определяемые доступностью мест проведения исследований; связанные с персоналом (наличие персонала, его квалификация, возможность участия в полевых исследованиях и пр.); обуславливаемые доступностью ранее уже собранной (полученной) информации. Последний тип ограничений может носить как умышленный характер (в т.ч. по экономическим соображениям), так и неумышленный. Информация, находящаяся в бумажной форме обычно является менее доступной, чем существующая в электронной форме.

Основные направления ограничений при принятии решений, связанных с природопользованием в Каспийском регионе: соблюдение экологических норм природопользования; инженерно-технические ограничения, связанные природопользованием, включая добычу и транспортировку топливно-энергетических ресурсов; финансово-экономические ограничения на уровне государств, регионов и отдельных коммерческих организаций.

Координация решений, связанных с проведением эколого-биологических исследований, в пределах одной страны может осуществляться на следующих уровнях: внутрорегиональном; межрегиональном; межведомственном; в рамках государственных целевых или координационных программ. Координация на межгосударственном уровне возможна в рамках международных программ и международных соглашений. С точки зрения эффективности затрат координация эколого-биологических исследований позволяет: избежать неоправданного дублирования исследований; осуществить более полный охват территорий исследованиями; обеспечить одновременность исследований различными группами исследователей, а также временную увязку их с авиа- или космическими съемками и пр. В целом координация исследований позволяет повысить их качество и снизить расходы.

К сожалению, в настоящее время статус Каспийского моря остается не полностью определенным, что затрудняет процессы координации на межгосударственном уровне.

### 1.7. Экономическая эффективность ЭБИ

Для оценки рентабельности  $m$ -го варианта затрат на эколого-биологические исследования может быть использована обычная формула

$$R_m = 100\% * (E_m - Z_m) / Z_m \quad (1.14)$$

где:  $E_m$  и  $Z_m$  соответственно положительный экономический эффект (ПЭФ) и затраты. В общем случае и затраты и ПЭФ носят вероятностный характер. При использовании критерия пессимизма-оптимизма Гурвица [Орлов] в виде  $0 \leq \lambda \leq 1$ , оценки для ПЭФ и затрат для конкретного ( $m$ -ого) варианта решений могут быть даны как

$$E = E_{\min} + \lambda_1 * (E_{\max} - E_{\min}) \quad (1.15)$$

$$Z = Z_{\min} + \lambda_2 * (Z_{\max} - Z_{\min}) \quad (1.16)$$

При этом для рентабельности ( $R$ ) возможен диапазон ( $R_{\min} \dots R_{\max}$ ), где

$$R_{\max} = 100\% * (E_{\max} - Z_{\min}) / Z_{\min} \quad (1.17)$$

$$R_{\min} = 100\% * (E_{\min} - Z_{\max}) / Z_{\max} \quad (1.18)$$

где  $E_{\min}$ ,  $E_{\max}$  - минимальная и максимальная оценки ПЭФ, а  $Z_{\min}$ ,  $Z_{\max}$  - аналогичные показатели для затрат. Подчеркнем, что вероятная оценка рентабельности может рассматриваться как дополнительная характе-



ристика решения по отношению к (1.1).

Из представленного материала можно сделать следующие **выводы**.

1. Целесообразно проведение эколого-биологических исследований Каспия по различным направлениям, причем распределение усилий (затрат) между ними нуждается в скоординированном управлении.
2. Получаемые данные ЭБИ имеют как оперативную, так и долговременную ценность.
3. Целесообразна разработка подходов к унифицированной структуризации данных ЭБИ, включая их пространственную и временную привязку.
4. Важной задачей является создание единого информационного пространства по результатам ЭБИ с применением информационно-коммуникационных технологий.

### Библиографический список

1. Барсегян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В., Холод И.И. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP. – СПб., БХВ-Петербург, 2007.-384с.
2. Блинец И.А., Леонтьев К.Б. Авторское право и смежные права.-М.:Прспект, 2009-416с.
3. Брумштейн Ю.М. Базы данных и некоторые смежные объекты. Анализ понимания терминов в законодательстве и сфере информационных технологий. //Интеллектуальная собственность. Авторское право и смежные права. №1, 2009, С.8-18.
4. Мусатов А.П. Оценка параметров экосистем внутренних водоемов. Научный мир, Москва, 2001., -295с.
5. Усманов Б.М. Общие принципы оценки экологического состояния окружающей среды. /Современные аспекты экологии и экологического образования. Материалы Всероссийской конференции. 19-23 сентября 2005 г.Казань, 2005.- С.381-383.
6. Учитель Ю.Г., Терновой А.И., Терновой К.И. Разработка управленческих решений.-М.:ЮНИТИ:ДАНА, 2008.-383с.
7. Федоров В.Д., Гильманов Т.Г. Экология. М.:Изд-во МГУ, 1980, 464с.
8. Черноруцкий И.Г. Методы принятия решений.-СПб.:БХВ-Петербург,2005.-416с.

### Bibliography

1. Barsegyan A.A., Kupriyanov M. S., Stepanenko V. V., Kholod I.I.. Technologies of the analysis of data: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP. – SPb., BHV-Petersburg, 2007. – 384p.
2. Bliznetz I.A. Leontyev K.B. Copyright and adjacent rights. - M.: Prosect, 2009-416p.
3. Brumstein YU.M. Databases and some adjacent objects. The analysis of understanding of terms in the legislation and the sphere of information technologies. // Intellectual property. Copyright and adjacent rights. No. 1, 2009, P. 8-18.
4. Musatov A.P. Assessment of parameters of ecosystems of internal reservoirs. Scientific world, Moscow, 2001. – 295p.
5. Usmanov B. M. General principles of the assessment of the environment ecology. / Modern aspects of ecology and ecological education. Materials of the All-Russian Conference. September 19-23, 2005 Kazan, 2005. – P. 381-383.
6. Uchitel Yu.G., Ternovy A.I., Ternovy K.I. The development of administrative decisions. - M.: Yuniti:DANA, 2008. – 383p.
7. Fedorov V.D., Gilmanov T.G. Ecology. M.: Typography of the Moscow State University, 1980, 464p.
8. Chernorutsky I.G. Decision-making methods. - SPb.:BHV-Petersburg, 2005. – 416p.