



## ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Общие вопросы / General Problems

Оригинальная статья / Original article

УДК: 599.32/33:502.4:574.4

DOI: 10.18470/1992-1098-2016-1-8-20

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

<sup>1</sup>Гайирбег М. Абдурахманов, <sup>2</sup>Аркадий Ф. Сокольский\*,

<sup>3</sup>Гулнур А. Куанышева, <sup>4</sup>Евгения А. Сокольская, <sup>5</sup>Юрий М. Брумштейн

<sup>1</sup>кафедра биологии и биоразнообразия, Институт экологии и устойчивого развития  
Дагестанского государственного университета, Махачкала, Россия

<sup>2</sup>кафедра инженерных систем и экологии, Астраханский инженерно-строительный  
институт, Астрахань, Россия, a.sokolsky@mail.ru

<sup>3</sup>кафедра экологии и БЖД, Атырауский институт нефти и газа, Атырау, Казахстан

<sup>4</sup>кафедра биотехнологии и аквакультуры, Астраханский государственный  
университет, Астрахань, Россия

<sup>5</sup>кафедра медицинской технологии, Астраханский государственный  
университет, Астрахань, Россия

**Резюме.** Цель. Основной целью эколого-биологических исследований (ЭБИ) Каспийского моря является информационно-техническая поддержка принятия решений, направленных на обеспечение рационального природопользования в регионе с учетом роста техногенной нагрузки и изменения природно-климатических условий. **Методы.** За основу принят метод теоретико-математического обобщения ряда научных работ и системный анализ предлагаемых решений. **Результаты.** Анализ и математическая обработка опубликованных литературных источников убедительно доказали необходимость межгосударственного сотрудничества для оптимизации эколого-биологических исследований. Подтверждена целесообразность проведения эколого-биологических исследований Каспия по различным направлениям, причем распределение усилий (затрат) между ними нуждается в скоординированном управлении. **Заключение.** Показано, что получаемые данные ЭБИ имеют как оперативную, так и долговременную ценность. В перспективе целесообразна разработка подходов к унифицированной структуризации данных ЭБИ, включая их пространственную и временную привязку. Важной задачей является создание единого межгосударственного информационного пространства по результатам ЭБИ с применением информационно-коммуникационных технологий.

**Ключевые слова:** экология, биология, исследование, математические методы, Каспийское море.

**Формат цитирования:** Абдурахманов Г.М., Сокольский А.Ф., Куанышева Г.А., Сокольская Е.А., Брумштейн Ю.М. Системный анализ перспективных направлений эколого-биологических исследований Каспийского моря // Юг России: экология, развитие. 2016. Т.11, N1. С.8-20. DOI: 10.18470/1992-1098-2016-1-8-20

### SYSTEMATIC ANALYSIS OF PERSPECTIVE TRENDS IN ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL STUDIES OF THE CASPIAN SEA

<sup>1</sup>Gayirbeg M. Abdurakhmanov, <sup>2</sup>Arkady F. Sokolsky\*,

<sup>3</sup>Gulnur A. Kuanysheva, <sup>4</sup>Evgenia A. Sokolskaya, <sup>5</sup>Yuriy M. Brumshteyn

<sup>1</sup>Department of Biology and Biodiversity, Institute for Ecology and Sustainable Development,  
Dagestan State University, Makhachkala, Russia

<sup>2</sup>Department of engineering systems and ecology, Astrakhan Institute of Civil Engineering,  
Astrakhan, Russia, a.sokolsky@mail.ru

<sup>3</sup>Department of Ecology and Life Safety, Atyrau Institute of Oil and Gas, Atyrau, Kazakhstan

<sup>4</sup>Department of biotechnology, zoology and aquaculture, Department of Biology,  
Astrakhan State University, Astrakhan, Russia



<sup>5</sup>Department of medical technology, Astrakhan State University, Astrakhan, Russia

**Abstract. Aim.** The main purpose of the ecological and biological research (EBR) of the Caspian Sea is the information and technical support of decision-making to ensure the environmental management in the region taking into account the increase of anthropogenic impact and change in climatic conditions. **Methods.** As a basis, we have adopted the method of theoretical and mathematical generalization of a number of scientific papers and systematic analysis of the proposed solutions. **Results.** Analysis and mathematical processing of published literature sources has convincingly demonstrated the need for international cooperation to optimize the ecological and biological research. It has also confirmed the usefulness of the ecological and biological studies of the Caspian Sea in different directions, and the distribution of effort (cost) between them requires coordinated management. **Conclusion.** It is shown that the data obtained by EBI have both rapid and long-term value. In the future, it is rational to develop suitable approaches to unified structuring of the EBR data, including their spatial and timing. An important task is to create a single interstate information space on the results of EBR using information and communication technologies.

**Keywords:** ecology, biology, research, mathematical methods, the Caspian Sea.

**For citation:** Abdurakhmanov G.M., Sokolsky A.F., Kuanysheva G.A., Sokolskaya E.A., Brumshteyn Yu.M. Systematic analysis of perspective trends in ecological and biological studies of the Caspian Sea. *South of Russia: ecology, development*. 2016, vol. 11, no. 1, pp. 8-20. (in Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2016-1-8-20

## ВВЕДЕНИЕ

В данной статье 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 том числе с учетом расширения добычи топливно-энергетических ре-

сурсов), 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.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом настоящей работы стало обобщение статей ряда авторов [1-9]. 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 [10-13] и изменения природно-климатических условий [13, 14]. В более общем плане, ЭБИ являются необходимым элементом комплексной системы управления [15] социально-экономическим развитием Каспийского региона. С позиций теории управления [16] 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 [17], включая применение математических и иных методов [18]; использование существующих и разработка новых методов интегральной оценки [19] экологического состояния экосистемы Каспия и ее отдельных районов; прогнозирование развития эколого-биологических процессов на Каспии, в т.ч. в рамках поддержки принятия упреждающих [15] решений; выработка рациональных решений, связанных с проведением исследований, оценкой экологической ситуации [20] и ее прогнозированием; координация принимаемых решений по проведению исследований и природопользованию на различных уровнях; управление реализацией принимаемых решений [15], внесение в них коррективов по ходу выполнения. Каждая из перечисленных задач имеет свои особенности, включая ресурсные ограничения различных типов. Часть этих задач анализируется ниже.



## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В теории принятия решений [19, 21, 22] 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. Тре-

бования 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 [22, 23], в том числе 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

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

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.

Основными источниками информации для поддержки принятия решений, связанных с природопользованием в Каспийском регионе, могут быть: опубликованные литературные данные (научные публикации, статистические сборники и прочее) 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" [24]; данные, взятые из средств массовой информации и Интернета; компьютерные базы данных, в том числе 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 прочее). 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, Урала, Терека и других рек 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 [10,11, 25].

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 природо-пользовательской 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 прочее; влияние дноуглубительных работ (порты, каналы и прочее) 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 [26] 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-на-Дону), 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 прочие.

В результате проводимых исследований (наблюдений) накапливаются большие объемы данных, в т.ч. хранимые как базы данных (БД) [27]. Авторские права на базы данных (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 [3]. 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,





[28]) 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"*.

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" [27]. Применяются также информационно-справочные и информационно-аналитические системы, включающие в себя БД и ПК обеспечения интерфейса с пользователем, программы обработки данных и прочее. В последнее время все более широко используются "хранилища данных" и "витрины данных" [27]. 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 [18]: анализ таблиц сопряженности признаков (для качественных данных); оценка достоверности различий между выборками с парно связанными и не связанными вариантами; регрессионный и корреляционный анализ; дисперсионный анализ; методы многомерного статистического анализа (включая метод главных компонент и главных факторов); кластерный анализ; методы анализа временных рядов и прочее. Эти методы реализованы в многочисленных профессиональных пакетах статистического анализа данных (например, Statistica, Statgraphics+ и прочее). 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 [27], 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.

Рассмотрим задачу распределения то-



чек 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

$$\xi_k = \Psi * (G_k^\alpha * D_k^\beta) / \sum_{f=1}^K (G_f^\alpha * D_f^\beta) \quad (1.2)$$

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 (1.2) 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 [29] 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 бактериопланктона и зоопланктона); поток энергии через экосистемы

$\{G_k\}_{k=1...K}$ , 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

(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 [29]. 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", так как 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);

$$Z_{(i)+}^{(a)} = Z_{\max(i)} - Z_{c(i)}; \quad Z_{-(i)}^{(a)} = Z_{c(i)} - Z_{\min(i)} \quad (1.3)$$

$$Z_{(i)+}^{(r)} = (Z_{(i)\max} - Z_{(i)c}) / Z_{(i)c}; \quad Z_{(i)-}^{(r)} = (Z_{(i)c} - Z_{(i)\min}) / Z_{(i)c} \quad (1.4)$$

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

средний запас устойчивости системы по возмущающим воздействиям и другие.

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

того же параметра; верхние индексы "(a)" и "(r)" соответствуют абсолютному и относительному критериям. Тогда минимальный запас устойчивости по абсолютному критерию

$$\min(\min_i(Z_{(i)+}^{(a)}); \min_i(Z_{(i)-}^{(a)})) \quad (1.5)$$

Соответственно "критическим" будем считать тот параметр, по которому достигается

этот минимум. Средний запас устойчивости оценим как

$$Z_{(i)+}^{(sr)} = \left( \sum_{i=1}^I (Z_{(i)+}^{(a)} + Z_{(i)-}^{(a)}) \right) / (2 * I) \quad (1.6)$$

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)

$$[T] = \begin{bmatrix} \partial P_1 / \partial F_1 & \partial P_1 / \partial F_2 & \partial P_1 / \partial F_3 \\ \partial P_2 / \partial F_1 & \partial P_2 / \partial F_2 & \partial P_2 / \partial F_3 \\ \partial P_3 / \partial F_1 & \partial P_3 / \partial F_2 & \partial P_3 / \partial F_3 \\ \partial P_4 / \partial F_1 & \partial P_4 / \partial F_2 & \partial P_4 / \partial F_3 \end{bmatrix} \quad (1.7)$$

При этом величины частных производных в (1.7) 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 (1.7) 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 дина-



мики в общем случае может определяться следующими факторами: разнородность источников информации и разновременность моментов проведения исследований; различия в используемых методиках (в т.ч. при проведении исследований различными орга-

низациями); неполнота информации, используемой для оценки и прочие.

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

$$\Omega_n = 100\% * \sum_{j=1}^J (\Phi_j / U_j) \quad (1.8)$$

где:  $\Phi_j$  - фактическое значение показателя

загрязненности для  $j$ -ого фактора, а  $U_j$  - нормативное значение для этого фактора (или его фоновая характеристика[20]). 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 (1.8) подход

$$\Omega_n = 100\% * \sum_{j=1}^J \left\{ \frac{(F_j / U_j) - n_{пу} - F_j > U_j}{0 - n_{пу} - F_j \leq U_j} \right\} \quad (1.9)$$

Состояние участков экосистем часто оценивается также на основании показателей биологического разнообразия. Сейчас

наиболее объективным из них считается показатель "эквитабельности" ( $\Theta$ ) [30]

$$\Theta = H_s / \ln(s); \quad H_s = - \sum_{i=1}^I p_i \ln(p_i); \quad p_i = K_i / \sum_{i=1}^I K_i \quad (1.10)$$

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 [20]. При этом для каждого участка исследований оценивается объем "биотической" и "абиотической" информации (в [19] для этой цели предлагается использо-

вать индекс Шеннона  $H_s$  из формулы (1.10) 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 прочее.

Первая группа технологии принятия решений связана с планированием и реализацией последующих исследований, включая: выбор номенклатуры исследований; их методик; мест, сроков, объемов исследований; методов математической обработки и прочее. По крайней мере для лабораторных исследований целесообразно упомянуть методы "Теории планирования эксперимента" [31], которые позволяют оптимизировать расположение точек проведения исследований в факторном пространстве. Существен-





но, что в силу взаимосвязей между эколого-биологическими процессами их диагностика возможна не только по прямым показателям, но и по косвенным [29, 32], что часто позволяет сократить объемы исследований. Вторая группа включает решения, связанные с управлением: социально-экономическими системами, экологической обстановкой, природопользовательской деятельностью и прочее.

При этом решения могут носить [15, 23]: 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 том числе при селективном выборе), анализ данных, включая выявление неявных зависимостей - Data Mining, Visual Mining и др. [27]), 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 прочее); обуславливаемые доступностью ранее уже собранной (полученной) информации. Последний тип ограничений может носить как умышленный характер (в том числе по экономическим соображениям), так и неумышленный. Информация, находящаяся в бумажной форме обычно является менее доступной, чем су-

ществующая 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: внутрирегиональном; 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. 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.

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

$$R_m = 100\% * (E_m - Z_m) / Z_m \quad (1.11)$$

где:  $E_m$  и  $Z_m$  соответственно положительный экономический эффект (ПЭФ) и затраты. В общем случае и затраты и ПЭФ носят вероятностный характер. При исполь-

зовании критерия пессимизма-оптимизма Гурвица [17] в виде  $0 \leq \lambda \leq 1$ , оценки для ПЭФ и затрат для конкретного ( $m$ -ого) варианта решений могут быть даны как

$$E = E_{\min} + \lambda_1 * (E_{\max} - E_{\min}) \quad (1.12)$$

$$Z = Z_{\min} + \lambda_2 * (Z_{\max} - Z_{\min}) \quad (1.13)$$



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

$$R_{\max} = 100\% * (E_{\max} - Z_{\min}) / Z_{\min} \quad (1.14)$$

$$R_{\min} = 100\% * (E_{\min} - Z_{\max}) / Z_{\max} \quad (1.15)$$

где  $E_{\min}, E_{\max}$  - минимальная и максимальная оценки ПЭФ, а  $Z_{\min}, Z_{\max}$  - аналогичные показатели для затрат. Подчерк-

нем, что вероятная оценка рентабельности может рассматриваться как дополнительная характеристика решения по отношению к (1.1).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные выше материалы убедительно доказали необходимость межгосударственного сотрудничества для оптимизации эколого-биологических исследований. Подтвердили целесообразно проведение эколого-биологических исследований Каспия по различным направлениям, причем распределение усилий (затрат) между ними нуждается в скоординированном управлении. Показано, что получаемые данные ЭБИ

имеют как оперативную, так и долгосрочную ценность. В перспективе целесообразна разработка подходов к унифицированной структуризации данных ЭБИ, включая их пространственную и временную привязку. Важной задачей является создание единого межгосударственного информационного пространства по результатам ЭБИ с применением информационно-коммуникационных технологий.

**Благодарность:** Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение № 14.574.21.0109 (уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) – RFMEFI57414X0032).

**Acknowledgement:** The study was carried out with support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Agreement No. 14.574.21.0109 (a unique identifier for Applied Scientific Researches (Project) - RFMEFI57414X0032).

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абдусаматов А.С., Абдурахманов Г.М., Карпюк М.И. Современное состояние и эколого-экономические перспективы развития рыбного хозяйства в Западно-Каспийском регионе России. Москва: «Наука», 2004. 469 с.
2. Алимов А.Ф. Разнообразие, сложность, стабильность, выносливость экологических систем // Журнал Общей биологии. 1994. Т.55., №3. С. 285-302.
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. 2009. №1, С. 8-18.
4. Иванов В.П. Биологические ресурсы Каспийского моря. Астрахань: Изд-во «КаспНИРХ», 2000. 89 с.
5. Иванов В.П., Комарова Г.В. Рыбы Каспийского моря. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2008. 207 с.
6. Иванов В.П., Сокольский А.Ф. Научные основы стратегии защиты биологических ресурсов Каспийского моря от нефтяного загрязнения. Астрахань: Изд-во «КаспНИРХ», 2000. 180 с.
7. Камелов А.К., Сокольский А.Ф., Альпейсов Ш.А. Современное состояние и подходы к восстановлению численности русского осетра Урало-Каспийского бассейна. Алматы: Изд-во «Бастау», 2005. 205 с.
8. Книпович Н.М. Каспийское море и его промыслы. Берлин: Изд-во ГИЗ РСФСР, 1923. 69 с.
9. Шорыгин А.А. Питание и пищевые взаимоотношения рыб Каспийского моря. Москва: Пищепромиздат, 1952. 261 с.
10. Панин В.Ф., Сечин А.И., Федосова В.Д. Экология для инженера. М.: Изд. Дом «Ноосфера», 2001. 284 с.
11. Сокольский А.Ф., Глебых А.И., Сокольская Е.А. и др. Современное состояние биопродуктивности Каспийского моря и причины деградации популяции тюленей за последние 300 лет. Астрахань: Изд-во «Полиграфком», 2008. 176 с.
12. Струбакина Н. Из истории освоения рыбных богатств Каспия и Астраханского края. Волгоград: Нижневолжское книжное изд-во, 1989. 93 с.
13. Шихшабеков М.М., Гаджимурадов Г.Ш. Атлас рыб Среднего Каспия и Дагестана. Махачкала: Изд-во «Лотос», 2009. 115 с.
14. Шихшабеков М.М., Рабазанов Н.И. Морфо-экологические исследования размножения рыб в водоемах с нарушенным экологическим режимом. М.: «ЮНИТИ-ДАНА», 2009. 250 с.
15. Учитель Ю.Г., Терновой А.И., Терновой К.И. Разработка управленческих решений. М.: «ЮНИТИ-ДАНА», 2008. 383 с.



16. Кунц Д., О'Донелл С. Управление: системный и ситуационный анализ управленческих функций / пер. с англ. Д.М. Гвишиани. М.: Прогресс, 1981. 260 с.
17. Системный анализ и принятие решений: Словарь справочник / Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. М.: Высшая школа, 2004. 616 с.
18. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1973. 343 с.
19. Савинов А.Б. Метод интегральной количественной оценки экосистем (информационно-энтропийный аспект) // Материалы Всероссийской конференции «Современные аспекты экологии и экологического образования». Казань, 19-23 сентября, 2005. С. 377-378.
20. Усманов Б.М. Общие принципы оценки экологического состояния окружающей среды // Материалы Всероссийской конференции «Современные аспекты экологии и экологического образования», Казань, 19-23 сентября, 2005. С. 381-383.
21. Орлов А.И. Теория принятия решений. М.: Изд-во «Экзамен», 2006. 573 с.
22. Черноруцкий И.Г. Методы принятия решений. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 416 с.
23. Грешиллов В.А. Математические методы в приня-

- тии решений. М.: Прогресс, 1986. 368 с.
24. "О коммерческой тайне" - Федеральный закон от 29 июля 2004 г. N 98-ФЗ. URL: <http://www.rg.ru/2004/08/05/taina-doc.html> (дата обращения: 01.11.2015).
25. Кулиев З.М. Карповые и окуневые рыбы Южного и Среднего Каспия. Баку: Изд-во «Араз», 2002. 245 с.
26. Романов М.Ф., Федоров М.П. Математические модели в экологии. СПб.: "Иван Федоров", 2003. 240 с.
27. 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. 384 с.
28. Близнец И.А., Леонтьев К.Б. Авторское право и смежные права. М.: Проспект, 2009. 416 с.
29. Мусатов А.П. Оценка параметров экосистем внутренних водоемов. М.: Научный мир, 2001. 192 с.
30. Федоров В.Д., Гильманов Т.Г. Экология. М.: Изд-во МГУ, 1980. 464 с.
31. Астватурияц В.Г. Методы теории планирования эксперимента. М.: Наука, 2006. 323 с.
32. Мусатов А.П. Пространственно-временная структура водных экосистем. М.: Наука, 1994. 118 с.

1. Abdusamadov A.S., Abdurakhmanov G.M., Karpuk M.I. *Sovremennoe sostoyaniye i ekologo-ekonomicheskie perspektivy razvitiya rybnogo khozyaistva v Zapadno-Kaspiiskom regione Rossii* [Current status and prospects of ecological and economic development of fisheries in the West Caspian region of Russia]. Moscow, Nauka Publ., 2004. 469 p. (in Russian)
2. Alimov A.F. The variety, complexity, stability, endurance of ecological systems. *Zhurnal Obshchei biologii* [Biology Bulletin Reviews]. 1994, vol. 55, no. 3, pp. 285-302. (in Russian)
3. Brumshteyn Yu.M. Databases and some related objects. The analysis in terms of understanding the legislation and information technology. *Intellectual'naya sobstvennost'. Avtorskoe pravo i smezhnye prava* [Intellectual property. Copyright and related rights]. 2009, no. 1, pp. 8-18. (in Russian)
4. Ivanov V.P. *Biologicheskie resursy Kaspiiskogo morya* [The biological resources of the Caspian Sea]. Astrakhan, Caspian Research Institute of Fisheries Publ., 2000, 89 p. (in Russian)
5. Ivanov V.P., Komarova G.V. *Ryby Kaspiiskogo morya* [Fish of the Caspian Sea]. Astrakhan, Astrakhan State Technical University Publ., 2008. 207 p. (in Russian)
6. Ivanov V.P., Sokolsky A.F. *Nauchnye osnovy strategii zashchity biologicheskikh resursov Kaspiiskogo morya ot neftyanogo zagryazneniya* [Scientific basis for strategies to protect the biological resources of the Caspian Sea by oil pollution]. Astrakhan, Caspian Research Institute of Fisheries Publ., 2000. 180 p. (in Russian)
7. Kamelov A.K., Sokolsky A.F., Alpeysov Sh.A. *Sovremennoe sostoyaniye i podkhody k vosstanovleniyu chislennosti russkogo osetra Uralo-Kaspiiskogo basseina* [Current status and approaches to the restoration of the

#### REFERENCES

- strength of Russian sturgeon of the Ural-Caspian basin]. *Almaty, Bastau Publ.*, 2005. 205 p. (in Russian)
8. Knipovich N.M. *Kaspiiskoe more i ego promysly* [The Caspian Sea and its fisheries]. Berlin, State Publishing House of the Russian Soviet Federative Socialist Republic, 1923. 69 p. (in Russian)
9. Shorygin A.A. *Pitanie i pishchevye vzaimootnosheniya ryb Kaspiiskogo morya* [Nutrition and food relationships of fish of the Caspian Sea]. Moscow, Peeshepromizdat Publ., 1952. 261 p. (in Russian)
10. Panin V.F., Sechin A.I., Fedosov V.D. *Ekologiya dlya inzhenera* [Ecology for engineer]. Moscow, Noosfera Publ., 2001. 284 p. (in Russian)
11. Sokolsky A.F., Glebych A.I., Sokolskaya E.A. and others. *Sovremennoe sostoyaniye bioproduktivnosti Kaspiiskogo morya i prichiny degradatsii populyatsii tyuleni za poslednie 300 let* [The current state of bioproductivity of the Caspian Sea and the reasons for the degradation of the seal population in the last 300 years]. Astrakhan, Poligrafkom Publ., 2008. 176 p. (in Russian)
12. Strubalina N. *Iz istorii osvoeniya rybnikh bogatstv Kaspiya i Astrakhanskogo kraya* [From the history of the development of fish resources of the Caspian Sea and the Astrakhan region]. Volgograd, Nizhnevolzhsk book Publ., 1989, 93 p. (in Russian)
13. Shihshabekov M.M., Gadzhimuradov G.S. *Atlas ryb Srednego Kaspiya i Dagestana* [Fish Atlas of the Middle Caspian and Dagestan]. Makhachkala, Lotos Publ., 2009. 115 p. (in Russian)
14. Shihshabekov M.M., Rabazanov N.I. *Morfo-ekologicheskie issledovaniya razmnzheniya ryb v vodoemakh s narushennym ekologicheskim rezhimom* [Morpho-ecological studies of fish breeding in water bodies with violations of environmental regime]. Moscow, UNITY-DANA Publ., 2009. 250 p. (in Russian)



15. Uchitel Yu.G., Ternovoy A.I., Ternovoy K.I. *Razrabotka upravlencheskikh reshenii* [Development of managerial decisions]. Moscow, UNITY-DANA Publ., 2008. 383 p.
16. Kunz D., O'Donnell S. (Russ. ed. D.M. Gvishiani) [Management: situational analysis and system management functions]. Moscow, Progress Publ., 1981. 260 p.
17. Volkova V.N., Kozlova V.N. Eds. *Sistemnyi analiz i prinyatie reshenii: Slovar' spravochnik* [System analysis and decision-making: Dictionary Directory]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2004. 616 p. (in Russian)
18. Lakin G.F. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1973. 343 p. (in Russian)
19. Savinov A.B. Metod integral'noi kolichestvennoi otsenki ekosistem (informatsionno-entropiinyi aspekt) [The method of quantitative evaluation of integrated ecosystem (information entropy aspect)]. *Materialy Vserossiiskoi konferentsii «Sovremennye aspekty ekologii i ekologicheskogo obrazovaniya»*. Kazan', 19-23 sentyabrya, 2005 [Proceedings of the conference «Modern aspects of ecology and environmental education», Kazan, 19-23 September 2005]. Kazan, 2005, pp. 377-378. (in Russian)
20. Usmanov B.M. Obshchie printsipy otsenki ekologicheskogo sostoyaniya okruzhayushchei sredy [General principles for evaluating the ecological state of the environment]. *Materialy Vserossiiskoi konferentsii «Sovremennye aspekty ekologii i ekologicheskogo obrazovaniya»*. Kazan', 19-23 sentyabrya, 2005 [Proceedings of the conference «Modern aspects of ecology and environmental education», Kazan, 19-23 September 2005]. Kazan, 2005, pp. 381-383. (in Russian)
21. Orlov A.I. *Teoriya prinyatiya reshenii* [Decision theory]. Moscow, Ekzamen Publ., 2006. 573 p. (in Russian)
22. Chernourtskii I.G. *Metody prinyatiya reshenii* [Methods of decision making]. St. Petersburg, BHV-Petersburg Publ., 2005. 416 p. (in Russian)
23. Greshilov V.A. *Matematicheskie metody v prinyatii reshenii* [Mathematical methods in decision making]. Moscow, Progress Publ., 1986. 368 p. (in Russian)
24. "O kommercheskoi taine" - *Federal'nyi zakon ot 29 iyulya 2004 g. N 98-FZ* ["On Commercial Secrets" - Federal Law of July 29, 2004 N 98-FL]. Available at: <http://www.rg.ru/2004/08/05/taina-doc.html> (accessed 01.11.2015)
25. Kuliev Z.M. *Karpovye i okunevye ryby Yuzhnogo i Srednego Kaspiya* [Carp and perch fish Southern and Middle Caspian]. Baku, Araz Publ., 2002. 245 p. (in Russian)
26. Romanov M.P., Fedorov M.P. *Matematicheskie modeli v ekologii* [Mathematical models in ecology]. St. Petersburg, Ivan Fedorov Publ., 2003. 240 p. (in Russian)
27. Barseghyan A.A., Kupriyanov M.V., Stepanenko V.V., Kholod I.I. *Tekhnologii analiza dannykh: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP* [Technology data analysis: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP]. St. Petersburg, BHV-Petersburg Publ., 2007. 384 p.
28. Bliznets I.A., Leontiev K.B. *Avtorskoe pravo i smezhnye prava* [Copyright and related rights]. Moscow, Prospekt Publ., 2009. 416 p. (in Russian)
29. Musatov A.P. *Otsenka parametrov ekosistem vnutrennikh vodoemov* [Parameter estimation of inland water ecosystems]. Moscow, Nauchnyi mir Publ., 2001. 192 p. (in Russian)
30. Fedorov V.D., Gilmanov T.G. *Ekologiya* [Ecology]. Moscow, Moscow State University Publ., 1980. 464 p. (in Russian)
31. Astvaturyants V.G. *Metody teorii planirovaniya eksperimenta* [Methods of experimental design theory]. Moscow, Nauka Publ., 2006. 323 p. (in Russian)
32. Musatov A.P. *Prostranstvenno-vremennaya struktura vodnykh ekosistem* [Spatio-temporal structure of water ecosystems]. Moscow, Nauka Publ., 1994. 118 p. (in Russian)

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

##### Принадлежность к организации

**Гайирбег М. Абдурахманов** – академик РЭА, д.б.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой биологии и биоразнообразия, Институт экологии и устойчивого развития, Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия.

**Аркадий Ф. Сокольский\*** – доктор биологических наук, профессор кафедры инженерных систем и экологии, Астраханский инженерно-строительный институт, почетный работник рыбного хозяйства России, ул. Сеченова, 2, Астрахань, Россия, тел. 8937829-27-20, e-mail: a.sokolsky@mail.ru

**Гульнур А. Куанышева** – старший преподаватель кафедры экологии и БЖД, Атырауский институт нефти и газа, Атырау, Казахстан.

#### AUTHOR INFORMATION

##### Affiliations

**Gayirbeg M. Abdurakhmanov** - Academician of Russian Academy of Ecology, Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of Russia, head of the department of biology and biodiversity, Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University, Makhachkala, Russia.

**Arkady F. Sokolsky\*** - doctor of biological Sciences, Professor at the Department of engineering systems and ecology, Astrakhan Institute of Civil Engineering, Honorary Worker of Fisheries, 2 Sechenov st., Astrakhan, Russia. tel. 8937829-27-20, e-mail: a.sokolsky@mail.ru

**Gulnur A. Kuanysheva** – Senior Lecturer Department of Ecology and Life Safety; Atyrau Institute of Oil and Gas, Atyrau, Kazakhstan.



**Евгения А. Сокольская** - кандидат биологических наук – доцент, кафедра биотехнологии, зоологии и аквакультуры, биологический факультет, Астраханский государственный университет, Астрахань, Россия.

**Evgeniya A. Sokolskaya** - PhD - Associate Professor, Department of biotechnology, zoology and Aquaculture, Department of Biology, Astrakhan State University, Astrakhan, Russia.

**Юрий М. Брумштейн** - кандидат технических наук, доцент, кафедры медицинской техники, Астраханский государственный университет, Астрахань, Россия.

**Yuriy M. Brumshteyn** - Ph.D., assistant professor of the Department of medical technology, Astrakhan State University, Astrakhan, Russia.

#### Критерии авторства

Аркадий Ф. Сокольский, Гайирбег М. Абдурахманов, Евгения А. Сокольская, Юрий М. Брумштейн, Гульнур А. Куанышева проанализировали данные, провели обобщение и написали рукопись. Аркадий Ф. Сокольский несет ответственность за плагиат.

#### Contribution

Arkady F. Sokolsky, Gayirbeg M. Abdurakhmanov, Evgeniya A. Sokolskaya, Yuriy M. Brumshteyn and Gulnur A. Kuanysheva analyzed the data, carried out a generalization and wrote the manuscript. Arkady F. Sokolsky is responsible for avoiding plagiarism.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 18.11.2015

Received 18.11.2015

# СТАТЬЯ ИЗЪЯТА RETRACTED