

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БИОИНДИКАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Тахмина Хасанбоевна Шадманова

tahmina1988@mail.ru;

Юрий Сергеевич Чуйков

us.chuikov@mail.ru

Астраханский государственный университет

биоиндикация, биотестирование, здоровье окружающей среды, природные экосистемы

В обзоре рассмотрены некоторые методы биоиндикации и биотестирования

ECOLOGICAL BASES BIOINDICATION STUDIES

Tahmina Shadmanova

tahmina1988@mail.ru;

Yuriy Chuikov

us.chuikov@mail.ru

Astrakhan State University

bioindication, biotest, health of the environment, natural ecosystems

in the review discusses some methods of bioindication and bioassays

В настоящее время все большее количество сторонников появляется у обобщенной оценки благополучия экосистем путем интегрирования ответа на вопрос о здоровье ее компонентов, представленных разными видами живых существ. Существует множество различных методов биоиндикации состояния природных сред [14, 24, 25, 26]. В свое время С.С.Шварц предложил методы применения морфофизиологических индикаторов [30], который с успехом использовался как применительно к позвоночным, так и к беспозвоночным животным [23].

В дальнейшем это направление получило развитие в работах ряда зарубежных и отечественных ученых. В частности, в методиках, названных авторами БИОТЕСТ [4-13]. Особенностью этого направления является то, что исследуются организмы разных таксономических групп, а интегральным показателем их благополучия предлагается считать эффективность физиологических процессов, обеспечивающих нормальное развитие организма. В нормальных условиях организм реагирует на воздействие среды посредством буферных гомеостатических механизмов. Под воздействием неблагоприятных внешних воздействий эти механизмы могут быть нарушены. Такие нарушения гомеостаза могут наблюдаться до появления изменений, фиксируемых стандартными методами. Поэтому данная методология носит упреждающий, профилактический характер. В методологии БИОТЕСТА обычно используются 5 основных подходов к изучению организмов: морфологический, генетический, физиологический, биохимический, иммунологический. Для получения надежной интегральной оценки состояния среды в целом БИОТЕСТ предлагает полную объемную технологию применения, включающую четыре уровня интегрирования результатов:

- по всем методам в пределах каждого из 5 подходов;
- по всем подходам для каждого вида;
- по каждой группе видов опытных организмов;
- по экосистеме в целом.

БИОТЕСТ может быть использован как в отношении живых организмов, так и путем анализа музейных коллекций. Для последней цели пригодны морфогенетические подходы, позволяющие получать информацию о состоянии среды в прошлом.

Одним из методов морфологического подхода БИОТЕСТА является оценка уровня флуктуирующей асимметрии (ФА) билатеральных морфологических признаков растений и животных [4, 11]. Стабильность развития, т.е. способность организма функционировать без отклонений от нормы, есть самый чувствительный показатель состояния природных популяций. В свою очередь оценка ФА представляет собой простейший способ формализации степени этих отклонений. В качестве объектов исследования ФА используются древесные растения, насекомые и мелкие млекопитающие (наземные экосистемы), рыбы и амфибии (водные экосистемы). Примером такого подхода может быть работа, выполненная в дельте Волги [31]. При выборе конкретного показателя, характеризующего ФА не существует никаких ограничений — могут быть использованы как качественные, так и количественные показатели, включая меристические (число тех или иных признаков, например пятнышек слева и справа у божьей коровки) и пластические (линейные размеры признаков, например длина прожилок у листьев слева и справа). При анализе комплекса морфологических признаков предлагается использовать интегральный индекс стабильности развития. Для нескольких меристических признаков он рассчитывается как среднее арифметическое количество асимметричных признаков у каждой особи, деленных на общее количество исследованных признаков. Если измеряются пластические признаки, интегральный индекс равен среднему арифметическому сумм относительных значений асимметрии по всем признакам у каждой особи. Относительное значение асимметрии в данном случае вычисляется как $|L-R|/(L+R)$, где L и R — размеры признака соответственно с левой и правой стороны.

Применительно к позвоночным животным и человеку удобным показателем ухудшения качества экосистем может служить заболеваемость организмов определенными недугами, которые индуцируются факторами окружающей среды. Так, Т.И.Моисеенко [15] на примере оз. Имандра представлен подход к определению экологически допустимых антропогенных нагрузок на водоемы, позволяющий учитывать дозу комплексного воздействия и природную уязвимость северных экосистем на основе клинической картины заболеваемости рыб. Часто состояние городских экосистем, урбанизированных территорий оценивается по уровням заболеваемости и смертности населяющих их человеческих популяций. Естественно, в расчет должны приниматься заболевания, связанные с употреблением загрязненной воды или пищи, с необходимостью дышать загрязненным воздухом. Хотя более широко можно говорить о связи здоровья социума с целым комплексом природных, техногенных и социогенных факторов [1, 2, 21, 22].

Фиксация респираторных заболеваний и замеры уровней физико-химических факторов в гг. Лондоне, Амстердаме, Роттердаме, Париже и Милане показали достоверную зависимость количества соответствующих обращений от концентрации озона в атмосфере. Установлено также влияние целого ряда факторов окружающей среды на такие показатели как функционирование сердечнососудистой системы, нарушение электрической деятельности сердца, возникновение гипертонических кризов и приступов стенокардии, уровни репродуктивных потерь. Наиболее же достоверной представляется оценка состояния антропогенных экосистем, базирующаяся на совокупном анализе нескольких показателей: средней и относительной продолжительности жизни, среднего возраста, уровня жизни, а также репродуктивной функции, заболеваемости, медико-географического статуса, физического развития.

В настоящее время во многих странах мира используется экологический стандарт ISO 14001, разработанный Международной организацией по стандартизации (ISO) и

утвержденный в 1996 г. Он предлагает простой, гармоничный подход к управлению охраной окружающей среды, применимый для всех организаций в различных странах мира. Стандарт ISO 14001 содержит в себе все элементы типовой системы управления, такие как стратегия, цели и задачи, программа менеджмента, оперативный контроль, мониторинг и оценка, обучение, внутренние аудиты и анализ менеджмента. Данный стандарт содержит требования к применяющим его организациям определить все процессы, влияющие на окружающую среду; проанализировать соответствующие подходы к ее охране и оценить какие из них являются важнейшими. Текущий анализ менеджмента системы управления окружающей средой и ее отдельных элементов обеспечивает постоянное соответствие, компетентность и эффективность всей экологической программы предприятия. Вообще, система экологического нормирования в западных странах призвана осуществлять три основные функции. Первая из них — исключение заведомо неприемлемого экологического ущерба. Ущерб, как правило, пересчитывают в экономический эквивалент. Невыполнение установленных нормативов влечет применение экономических санкций. Вторая функция состоит в регулировании антропогенной нагрузки и затрат на охрану природы таким образом, чтобы сохранялись условия для самовосстановления нарушенных экосистем, но в то же время меры по их защите не препятствовали экономическому росту. Третья функция — стимулирование постоянного снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Исходя из недостатков концепции ПДК, возникает потребность в методах нормирования, лишенных указанных недостатков. Очевидно, что такому условию должна удовлетворять методика, позволяющая сопоставлять некоторые биотические показатели экосистемы со значениями физико-химических характеристик за достаточно продолжительный период времени.

Например, для выявления связи между загрязняющими веществами и биотическими откликами часто используют различные модели, где анализируется зависимость «доза — эффект». Полученные положительные корреляции дают не вполне точный ответ на вопрос, где на полученных с помощью таких моделей кривых провести границу между благополучием и неблагополучием биоты и получить соответствующую ей предельную норму загрязнителя.

Е.Л.Воробейчик [3] рассматривает три основных подхода к более точному экологическому нормированию. Первый из них представляет собой поиск предельной нагрузки как особой критической точки на кривой доза — эффект, связывающей входные (абиотические нагрузки) и выходные (отклики экосистемы) параметры. Главное условие для определения этой точки — построение в полном объеме дозовой зависимости по экспериментальным данным на всем градиенте нагрузки.

Второй подход выглядит как существенная редукция первого: на основе экспертных оценок определяется единственное значение выходного параметра (вне связи с величинами нагрузок). Нагрузка, соответствующая выходному параметру в этой единственной точке, принимается за предельную. Согласно данному подходу, предельной нагрузкой является максимальная недействующая, при которой индикационные параметры достоверно не отличаются от раз и навсегда установленного контрольного значения. Именно на таких принципах строится гигиеническое нормирование при установлении ПДК.

При третьем подходе требуется привлечение «внешней» информации. Например, экономическая целесообразность выращивания сельскохозяйственной культуры определяет допустимый минимальный урожай. Предельная нагрузка, как и во втором подходе, находится через сопоставление с этой величиной.

В системе экологического контроля, предлагаемой Е.Л.Воробейчиком [3], при нормировании необходимо опираться на методы определения предельной нагрузки как

критической точки логистической функции. Причина такого выбора состоит в том, что большинство дозовых зависимостей для экосистемных параметров при техногенном загрязнении имеет вид S-образной кривой и, следовательно, может хорошо аппроксимироваться логистическим уравнением. При этом место перегиба логистической кривой как раз и представляет собой критическую точку или предельное значение, характеризующее переход системы из одного состояния в другое в результате превышения допустимого значения абиотического компонента. Для расчета предельных нагрузок в качестве аппроксимирующего уравнения использовали логистическую кривую вида:

$$y = \frac{A - a_0}{1 + \exp(\alpha + \beta x)} + a_0, \text{ где}$$

y — оценка параметра, x — оценка нагрузки, a , b — коэффициенты, a_0 — минимальный уровень y , A — максимальный уровень y . С помощью построенных кривых были получены диапазоны предельно допустимых значений содержания тяжелых металлов (Cu, Pb, Cd, Zn) в почве в зависимости от компонента лесной биоты, по которому проводили оценивание (древесный ярус, травяно-кустарничковый ярус, подстилка, почвенный микробиоценоз, почвенная мезофауна, почвенные ферменты, эпифитные лишайники).

Данная методика позволяет оценить допустимые значения многих факторов, воздействующих на различные составляющие природных биоценозов в условиях реальной, а не искусственной экосистемы. Тем не менее, остаются непрясленными некоторые вопросы.

Основой задачей биоиндикации является разработка методов и критериев, которые могли бы адекватно отражать уровень антропогенных воздействий с учетом комплексного характера загрязнения и диагностировать ранние нарушения в наиболее чувствительных компонентах биотических сообществ. Считается, что использование методов биоиндикации позволяет решать задачи экологического мониторинга в тех случаях, когда совокупность факторов антропогенного давления на биоценозы трудно, сложно или невозможно измерить непосредственно.

Под биотестированием обычно понимают процедуру установления токсичности среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций. В роли биоиндикаторов могут быть использованы пыльца растений, хвоя сосны обыкновенной, листья деревьев и др.

Преимуществом методов биоиндикации и биотестирования перед физико-химическими методами является интегральный характер ответных реакций организмов, которые:

- суммируют все без исключения биологически важные данные об окружающей среде и отражают ее состояние в целом;
- выявляют наличие в окружающей природной среде комплекса загрязнителей;
- в условиях хронической антропогенной нагрузки биоиндикаторы могут реагировать на очень слабые воздействия в силу аккумуляции дозы;
- фиксируют скорость происходящих в окружающей среде изменений;
- указывают пути и места скоплений различного рода загрязнений в экологических системах и возможные пути попадания этих веществ в организм человека.

Существенные методологические трудности биоиндикации возникают и при оценке состояния биоценоза по соотношению видов в конкретной экосистеме выборочным методом. Таким образом, биоиндикацию можно определить как совокупность методов и критериев, предназначенных для поиска информативных компонентов экосистем, которые могли бы:

- адекватно отражать уровень воздействия среды, включая комплексный характер загрязнения с учетом явлений синергизма действующих факторов;
- диагностировать ранние нарушения в наиболее чувствительных компонентах биотических сообществ и оценивать их значимость для всей экосистемы в ближайшем и отдаленном будущем.

Подчеркивая всю важность биоиндикационных методов исследования, необходимо отметить, что биоиндикация предусматривает выявление уже состоявшегося или происходящего загрязнения окружающей среды по функциональным характеристикам особей и экологическим характеристикам сообществ организмов.

В пределах техногенно перегруженных территорий при определении эколого-геологических систем за основу берется антропоцентрический подход. Данные эколого-геологические системы представляют частный случай, при их изучении в центр внимания выводится человек. В этой связи под эколого-геологическими системами предполагается принимать комплексные системы, включающие в качестве взаимодействующих элементов геологическую среду, техносферу и человека. Для реализации данного подхода вводятся два базовых определения: экологические функции геологической среды – есть выраженная направленность действий, определяющих условия жизнедеятельности человека. Это поведенческий признак системы. Экологические свойства геологической среды – комплекс параметров, описывающих ее экологические функции. Это признак, характеризующий специфические свойства системы. В природе все тела имеют симметричную форму, идеальной является форма шара. Любая асимметрия – это следствие действия техногенных и естественных факторов, негативно влияющих на биоту. Самым первым деградирует низший класс экологической пирамиды – растительность. Именно она определяет эколого-биотическое состояние местности. Исследования последних лет показали, что растения можно использовать как тест-объекты для мониторинговых исследований. По их различным характеристикам оценивают состояние окружающей среды и отслеживают изменения в течение ряда лет. Для оценки состояния среды подходят физиологические, биохимические, генетические, цитологические (на уровне клетки), а также морфологические характеристики. Используя даже одну из них, можно дать интегральную (общую) оценку состояния среды. Мониторинговые исследования позволяют, с одной стороны, оценить состояние геологической среды за определенный промежуток времени, с другой стороны, проследить как вся совокупность внешних факторов: геологических, природно-климатических (температура, влажность) и антропогенных (радиационное и химическое загрязнение) влияет на живые организмы. Поэтому важно исследование состояния геологической среды как среды обитания человека. В естественных условиях могут существовать факторы, оказывающие неблагоприятное воздействие на систему. В неблагоприятных естественных и техногенных условиях, где присутствует сильное воздействие, у растений изменяется форма листовой пластинки: появляется асимметрия. На этом свойстве растительных объектов основан метод оценки состояния среды по флуктуирующей асимметрии (ФА) листа.

Повышение степени воздействия загрязнителя приводит к возрастанию изменчивости показателей и снижению стабильности. Было замечено, что морфологические и цитогенетические показатели согласованно изменяются под влиянием внешних факторов. Растительные сообщества, подверженные более сильному антропогенному воздействию, характеризовались более высоким уровнем как морфологических, так и цитогенетических нарушений. Это проявлялось в ухудшении роста, повреждении надземной части растения, особенно листьев, даже отмирании целого побега. У высших растений возможны наследственные и ненаследственные аномалии развития корней, листьев, побегов, почек, цветков, плодов, семян. Чаще наблюдается

изменение размера и конфигурации органов. Цитогенетические и биохимические нарушения – это ухудшение деления клеток, повреждения генетического аппарата (мутации), снижение интенсивности метаболических процессов. Таким образом, в техногенных условиях отмечается тератогенное воздействие на живые организмы, которое можно оценить с помощью морфометрического метода. Определение состояния литосферы по морфологическим показателям является экспресс-методом, который достаточно прост, не требует больших временных и материальных затрат. Исследования по флуктуирующей асимметрии (промеров листа) были проведены на березе В.М. Захаровым с сотрудниками [9, 10]. Влияние тяжелых металлов на зеленые растения велико, поскольку они оседают на поверхности почвы и имеют тенденцию накапливаться в ее верхних слоях. Являясь устойчивыми к выщелачиванию и распаду, тяжелые металлы всасываются через корневую систему растений и способны в них аккумулироваться. Выхлопные газы автотранспорта, содержащие свинец, оседают на листьях растений. При выпадении атмосферных осадков часть загрязняющих веществ с листьев смывается в почву, а часть усваивается растением, а затем с растительным опадом поступает в почву. В итоге, эти вещества поступают через корневую систему в растения. Такое действие могут иметь тяжелые металлы, SO₂, NO₂, и другие загрязнители.

Ежегодные мониторинговые исследования – промеры листа у деревьев позволяют увидеть изменения этих показателей за каждый год, оценить по изменению морфологических характеристик состояние литосферы и проследить динамику за несколько лет. Флуктуирующая асимметрия (ФА) листа является одним из показателей, демонстрирующих техногенное влияние на биоту.

Исследования показали надежность данного метода при оценке состояния литосферы в экологически безопасном районе и в условиях техногенного загрязнения. Таким образом, предлагаемый метод оказался достаточно надежным, простым в исполнении, позволяет получать достоверные результаты и адекватно оценивать состояние литосферы как компонента геологической среды.

Данные методы были использованы и в Астраханской области в условиях загрязнения природных сред различной степени [31] и показали хорошие результаты [28, 29].

Проведенный обзор существующих на данный момент подходов к оценке состояния экосистем и поиску причин, порождающих их неблагополучие, не претендует на абсолютную полноту охвата данной научной проблемы.

Литература

1. Богданов Н.А., Миколаевская Е.Л., Морозова Л.Н., Чуйкова Л.Ю., Чуйков Ю.С. Санитарно-гигиеническое состояние территории Астрахани: химическое загрязнение. – Астрахань, изд-во Нижневолжского экоцентра, 2011. - 204 с. ISBN 978-5-9901347-5-1.
2. Богданов Н.А., Чуйкова Л.Ю., Чуйков Ю.С., Шендо Г.Л., Рябикин В.Р. Геоэкология дельты Волги: Лиманский район – Астрахань. Изд-во Нижневолжского экоцентра. 2012. – 276 с. ISBN 978-5-9901347-6-8.
3. Воробейчик Е.Л. Экологическое нормирование токсических нагрузок на наземные экосистемы автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук / Уральская государственная сельскохозяйственная академия. Екатеринбург, 2004.
4. Захаров В.М. Асимметрия морфологических структур животных как показатель незначительных изменений состояния среды // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. - Л.: Гидрометеоиздат, 1981. Т.4. –С.59-66.
5. Захаров В.М. Анализ гомеореца как метод биомониторинга //Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. - Л.: Гидрометеоиздат, 1985. Т.7. – С.72-77.
6. Захаров В. М. Асимметрия животных. М.: Наука, 1987.- 216 с.
7. Захаров В.М. Онтогенез и популяция (стабильность развития и популяционная изменчивость) // Экология. 2001. №3. С. 177-191.

- 8.Захаров В. М., Баранов А. С., Борисов В. И. и др. Здоровье среды: методика оценки. Оценка состояния природных популяций по стабильности развития: методологическое руководство для заповедников. М.: Центр экологической политики России, 2000. 66 с.
- 9.Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т.. Здоровье среды: методика оценки. Центр экологической политики России, Центр здоровья среды. – М., 2000. – 68 с.
- 10.Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Крысанов Е.Ю., Кряжева Н.Г., Пронин А.В., Чистякова Е.К.. Здоровье среды: практика оценки. Центр экологической политики России. Центр здоровья среды. – М., 2000. – 320 с.
- 11.Захаров В.М., Кларк Д.М. (ред.) Биотест: интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов. Моск. отделение МФ «Биотест». - М., 1993. – С.68
- 12.Захаров В.М, Яблоков А.В. Анализ морфологической изменчивости как метод оценки состояния природных популяций //Новые методы изучения почвенных животных в радиоэкологических исследованиях. - М.: Наука,1985. – С.176-185.
- 13.Захаров В.М., Крысанов Е.Ю., Последствия Чернобыльской катастрофы: Здоровье среды. М. 1996. – 170 с.
- 14.Имамов П.А., Чуйков Ю.С. Возможности использования анализа состава и структуры сообществ зоопланктона для определения качества волжских вод. - ж. Естественные науки. №2 (35), 2011 г. с. 81-84.
- 15.Моисеенко Т.И. Морфофизиологические перестройки организма рыб под влиянием загрязнения (в свете теории С.С. Шварца) // Экология, 2000.№6.С. 463 -472
- 16.Новиков, А.В., Чуйков Ю.С. Возможности использования тополя черного и ивы белой в качестве биоиндикаторов последствий загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом. //– ж. Естественные науки. 2007, - № 1 (18). - С 24-27.
- 17.Новиков, А.В., Чуйков Ю.С. Специфика сезонного накопления тяжелых металлов в вегетативных частях некоторых растений-биоиндикаторов. // - ж. Естественные науки, 2008 г. - №1. - С. 27-31.
- 18.Новиков, А.В., Чуйков Ю.С. Источники поступления в окружающую среду и некоторые особенности накопления ртути в биологических объектах на территории г. Астрахани. //– ж. Проблемы региональной экологии, 2009.- № 4.- С.158-162.
- 19.Новиков А.В., Чуйкова Л.Ю., Чуйков Ю.С. Некоторые аспекты взаимодействия социальной и природных сред в городских экосистемах. – В кн.: Социальная экология в изменяющейся России: проблемы и перспективы: материалы межрег. (с междунар. участ.) науч.-практ. конф. (Белгород, 5-7 окт. 2007 г.): в 2 ч./ под ред.д-ра социол. наук, проф. В.В.Бахарева, канд. пед. наук, доц. М.Е.Поленовой. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2007, - Ч.2. с. 142-147.
20. Новиков, А.В. Исследования воздействия загрязнения среды с помощью растительных тест-объектов./ М.Ф. Козак, Ю.С.Чуйков, Е.В. Щепетова, Ю.Дубровин, Г. Екимова, А.Матвеев, Н.Шкуратова, Г.Джафаров // – ж. Астраханский вестник экологического образования/ Астрахань: Изд-во «Нижеволжский экоцентр», 2008, № 1-2 (11-12) - С. 24-30.
- 21.Рыбкин В.С., Чуйков Ю.С., Богданов Н.А., Шендо Г.Л. Экологически обусловленные заболевания в Астраханской области. – Материалы XI Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей. Под ред. Г.Г.Онищенко и А.И. Потапова. Т.1., 2012. – с. 673-676.
- 22.Рыбкин В.С., Чуйков Ю.С. Микроэлементозы как возможные и реальные экологически обусловленные заболевания в Астраханском регионе. – Астраханский медицинский журнал. № 1. 2012, с. 8-15.
- 23.Чуйков Ю.С. Изучение экологии коловраток морфофизиологическими методами на примере *Keratella quadrata*. - В кн.: Вторая Всесоюзная конференция молодых ученых по вопросам сравнительной морфологии и экологии животных (тезисы докладов). М. "Наука", 1975, с. 52-54.
- 24.Чуйков Ю.С. Экологический анализ состава и структуры сообществ водных животных как метод биологической оценки качества вод / Ю.С. Чуйков // Экология. – 1978. –№ 5. – С. 53–57.
- 25.Чуйков Ю.С. Анализ трофической структуры планктонного сообщества. Основы изучения пресноводных экосистем / Ю.С. Чуйков // Л.: Изд-во АН СССР, 1981. – С. 45–52.
26. Чуйков Ю.С. Методы экологического анализа состава и структуры сообществ водных животных. Экологическая классификация беспозвоночных, встречающихся в планктоне пресных вод / Ю.С. Чуйков // Экология. – 1981. – С. 71–77.
- 27.Чуйкова Л.Ю., Чуйков Ю.С. Инфомедиаторы (резонаторы) экологического информационного пространства социальной системы России и их влияние на экологическое сознание населения. // Астраханский вестник экологического образования. № 1(19), 2012. – С. 69-75.
- 28.Чуйков Ю.С., Шадманова Т.Х. К оценке состояния урбанизированных и естественных территорий Астраханской области с помощью методов биоиндикации. - ж. Естественные науки. №4 (37), 2011 г. с. 60-67.

29.Шадманова Т.Х., Чуйков Ю.С. Опыт оценки территории г. Астрахани с целью выявления благоприятных и неблагоприятных жилых зон с использованием методов биоиндикации. – Экокультура и фитобиотехнологии улучшения качества жизни на Каспии: Материалы Международной конференции с элементами научной школы для молодежи (г. Астрахань, 7-10 декабря 2010 г.) /сост.: В.Н.Пилипенко, А.В. Федотова. – Астрахань: Астраханский государственный университет, Издательский дом «Астраханский университет», 2010. С. 131-134. ISBN 978-9926-0435-1.

30.Шварц С.С. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии животных // Зоол. Журнал., 1958. Т.37. №4. С.58-63

31.Zakharov V.M., Dmitriev S.G., Baranov A.S., Borisov V.I., Valetsky A.V., Chubinishvily A.T., Isaeva E.I., Chekhovich F.V., Chuikov Yu.S. Integrated biological assessment of wetland ecosystem health (with particular referens tu the Lower Volga). - Prentis R.C., Jaensch R.P. (eds) Development Policies, Plans and Wetlands. Proceedig of Workshop 1 of the International Conference on Wetlands and Development held in Kuala Lumpur, Malaysia, 9-13 October 1995. Wetland Internation, Kuala Lumpur, 1997, pp. 165-177.