

**ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОЙ, РАДИАЦИОННОЙ
И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

УДК 556.012:574

**АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АКТИВНОСТИ
ЩЕЛОЧНОЙ ФОСФАТАЗЫ И ЭСТЕРАЗ СЕСТОНА В
МОНИТОРИНГЕ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

© 2019 О.И. Бейсуг

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета МИФИ, Волгодонск, Ростовская обл., Россия

Рассмотрены оценки состояния водных экосистем. Проведен анализ уже существующих в гидрохимии оценок, используемых в мониторинге водных экосистем, выявлены их достоинства и недостатки. Обосновано применение показателей активности щелочной фосфатазы и внеклеточных эстераз для оценки состояния водных экосистем в мониторинге поверхностных вод суши.

Ключевые слова: экологическое состояние, активность ферментативных показателей (активность щелочной фосфатазы, активность внеклеточных эстераз сестона), водные экосистемы, экологический мониторинг, гидробиоценозы, биоиндикация, гидробиологический контроль, загрязнение, загрязняющие вещества.

Поступила в редакцию 14.05.2019

После доработки 22.11.2019

Принята к публикации 28.11.2019

Цель работы – показать актуальность применения показателей активности щелочной фосфатазы и эстераз сестона в мониторинге водных экосистем в сравнении с другими методами применения в гидрохимической практике.

Масштабы загрязнения пресных вод глобальны, а запасы пресных вод на земле существенно ограничены, поэтому загрязнение пресноводных экосистем является актуальным. Поэтому, для поверхностных вод оценка комплексного влияния загрязняющих веществ на состояние гидробиоценозов с учетом региональных и экологических особенностей водных экосистем имеет особое значение. Следовательно, для определения загрязнения водных экосистем методы биоиндикации имеют так же чрезвычайно важное значение. В методах биоиндикации используются показатели активности щелочной фосфатазы и внеклеточных эстераз. Показатели АЩФ (активность щелочной фосфатазы) и АЭ (активность эстераз) продуцируются в водные экосистемы бактериопланктоном и одноклеточными водорослями. Так как показатели АЩФ и АЭ осуществляют биогеохимический круговорот веществ, участвуют в трансформации органических соединений, то применение в мониторинге показателей АЩФ и АЭ для оценки состояния водных экосистем является наиболее актуальным в настоящий момент времени.

На все экосистемы на Земле в большей или меньшей степени оказывается антропогенная нагрузка, следовательно, в любой природной экосистеме будут происходить нарушения или трансформации. Поэтому любая экосистема оценивается по её трансформированности или нарушенности. Это характеризуется отклонением состояния экосистем от исходного, которое рассматривается в гидрохимии за «нормальное» её состояние, с учётом трансформации (разрушения) структуры и функций всех частей биосферы: атмосферы, гидросферы, педосферы, литосферы

фитоценоза, зооценоза [1]. Следовательно, при оценке состояния экосистем учитываются все структуры и функции всех частей биосферы.

На данный момент времени для оценки состояния пресноводных экосистем в гидрохимии применяют популяционный и экосистемный подходы. Популяционный подход изучает популяции отдельных видов, куда входят механизмы группообразования и иерархии, генетический состав популяций, популяционная организация вида, внутривидовые средства связи и сигнализации, консолидирующих популяцию в единое целое, пространственная структура популяции. Экосистемный подход рассматривает оценку роли организмов таких как, продуценты, консументы и редуценты, которые рассматриваются в процессе преобразования вещества и энергии в природе [2]. По глубине трансформации структурных компонентов пресноводной экосистемы можно определить уровень нарушенности данной экосистемы. Следовательно, функциональные трансформации будут следствием изменения структуры водной экосистемы и будут вторичны [1]. Так жизнь имеет многообразие форм и структур, но её биогеохимические функции однообразны [3], то, видовой состав особей, входящих в состав биоценоза, может значительно меняться без изменения характеристик его биогеохимического цикла. Установлено, что особи разных видов выполняют одну и ту же биогеохимическую работу [4]. Таким образом, к первичным изменениям структуры водной экосистемы стоит отнести функциональные изменения, а к структурным – их следствие. Следовательно, наиболее полная оценка состояния пресноводных экосистем может быть дана при комплексном подходе, учитывая характеристики структурных и функциональных показателей.

Состояние пресноводных экосистем описывается множеством признаков. Поэтому для оценки состояния водных экосистем необходимо использовать существенные признаки, такие как состав, строение, функциональность водной экосистемы и самовосстановление, то есть резистентность. В гидрохимии понятие «состояние» означает сравнение с нормой или эталоном в водной экосистеме. Каждая экосистема, как тип, имеет свою норму. Чтобы установить степень отклонения водных экосистем от «нормы» нужно сравнить наблюдаемую экосистему с «нормой». Таким образом, установление фоновых участков для водных экосистем, которые бы испытывали наименьшее антропогенное воздействие, является актуальным в практике мониторинга водных экосистем, особенно для тех пресноводных экосистем, которые испытывают высокую антропогенную нагрузку.

В мониторинге водных объектов оценка их состояния осуществляется по гидробиологическим и гидрохимическим показателям. Состояние водного объекта в зависимости от вида водопользования определяется как его характеристика по совокупности качественных и количественных показателей [5, 6]. Таким образом, для характеристики состояния водной экосистемы необходимы оценки, дающие полную всестороннюю информацию не только о составе и свойствах воды, но и о протекающих в водном объекте процессах, которые создают среду обитания для гидробионтов [7]. Ввиду отсутствия экологических нормативов (предельно допустимых экологических нагрузок) комплексное оценивание состояния экосистем на сегодняшний день невозможно. Поэтому на практике применяется подход, при котором составляющие экосистему биотическая и абиотическая компоненты и их показатели оцениваются и рассматриваются отдельно и совокупно с использованием предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ (ПДК) и классификаций в зависимости от вида водопользования [7].

По гидрохимическим показателям осуществляется контроль абиотической составляющей водных экосистем. Гидрохимические показатели оценивают качество поверхностных вод. В зависимости от количества и состава собранных аналитических данных выделяется несколько основных видов оценки: косвенные, покомпонентные

или единичные и комплексные [7]. Косвенные и единичные или покомпонентные оценки качества вод применяются в мониторинге как традиционные. Вследствие многократного увеличения антропогенной нагрузки на пресноводные экосистемы появились комплексные оценки, которые устанавливают степень и характер загрязненности вод.

Оценка водного объекта по относительным гидрохимическим показателям постоянно применяется в гидрохимии, но только в её специальных областях. Это объясняется тем, что данные показатели достаточно недавно используются и тем, что гидрохимия применяет традиционный подход.

Единичные характеристики отражают загрязненность воды отдельными ее компонентами и позволяют оценить качество воды по различным классам. Этот вид относительных показателей имеет низкий уровень обобщения.

Единичные статистические характеристики используются в гидрохимии тоже достаточно длительное время. Среди единичных статистических характеристик в гидрохимии в основном применяют такие как дисперсия, медиана, среднеарифметические, средневзвешенные величины. Результатом данных характеристик являются показатели и коэффициенты, которыми характеризуют экологическое состояние водного объекта.

Совсем недавно в гидрохимической практике стали применяться единичные или покомпонентные косвенные относительные характеристики. К настоящему времени они стали также распространены, как и статистические. К данным характеристикам относятся, например, кратность превышения ПДК, повторяемость случаев загрязненности воды и др. Данные показатели легкодоступны, конкретны, тем самым дополняют и расширяют информационную базу исходных аналитических данных.

Единичные или покомпонентные обобщенные относительные характеристики имеют четко выраженную оценочную направленность. В более ранних гидрохимических исследованиях, покомпонентные обобщенные относительные характеристики выражались в виде концентраций отдельных ингредиентов или показателей качества, таких как жесткость воды, солёность воды, иногда в виде классификаций. Так, содержание главных ионов оценивалось по степени преобладания. Для оценки минерализации поверхностных вод при этом использовалась классификация, включающая ряд интервалов её значений с оценочными характеристиками от «малой» до «очень высокой» [8].

В мониторинге водных экосистем используются относительные показатели, которые являются следствием переработки аналитических данных. Они достаточно широко оценивают состояние водного объекта. Следовательно, это способствует появлению значительного разнообразия показателей по структурным особенностям, формам выражения, их физическому содержанию, смысловой нагрузке, степени формализации, и прочее [9].

В мониторинге поверхностных вод суши применяются гидрохимические показатели, которые используют в комплексной оценке качества вод. Для комплексной оценки применяют следующие показатели: коэффициенты комплексной загрязненности воды, коэффициенты загрязненности воды, модульный коэффициент выноса загрязняющих веществ, показатели относительной продолжительности и относительных объемов загрязненного и чистого водного стока и др., которые учитывают небольшое число элементов сложного объекта [7]. При оценке качества воды применяют так же формализованные показатели, которые обеспечивают более разностороннюю и адекватную оценку качества воды [7]. К ним относятся комбинаторный индекс загрязненности воды [5], общесанитарный индекс качества воды [10], гидрохимический индекс качества воды [11], комплексная оценка степени загрязнения водоемов токсичными веществами [12], индекс качества воды [13] и др.

С каждым годом в поверхностных водах увеличивается число загрязняющих химических веществ, к которым предъявляются нормативные требования. Нормативы применяются как для питьевого водопотребления, так и для рыбохозяйственного значения. На здоровье человека и на удовлетворение его жизненных потребностей оказывают воздействие уже не столько отдельные химические вещества, содержащиеся в поверхностных водах, сколько комплекс веществ, которые одновременно присутствуют в водных объектах. Поэтому, на данный момент времени достаточно актуальной проблемой является оценка качества поверхностных вод не только по отдельным загрязняющим веществам, сколько по их комплексам.

В настоящее время в гидрохимии нет единого, общепринятого метода комплексной оценки загрязненности поверхностных вод. Однако, комплексная оценка, разработанная в Гидрохимическом институте (РД 52.24.643-2002) [5], уже внедрена в систему мониторинга России и некоторых стран СНГ. В связи с увеличением нагрузки на водные объекты в настоящее время возникла необходимость в работах, содержащих комплексную оценку качества вод, а так же комплексное оценивание качества природных вод становится обязательным в гидрохимии.

Система контроля загрязнённости водных экосистем основана на показателях предельно-допустимых концентраций загрязняющих веществ, а так же на сравнении концентраций загрязняющих веществ с предельно-допустимыми значениями, что является значительным недостатком системы контроля. Однако лишь для 10 % регламентируемых веществ существуют методы, которые позволяют определять их концентрации на уровне ПДК. Кроме того, в водных экосистемах образуются сложные комплексы различных растворимых или нерастворимых антропогенных химических соединений, которые в свою очередь воздействуют на организмы иначе, чем отдельные компоненты, для которых разрабатываются предельно допустимые концентрации (ПДК). [14]

В России применяется программа гидробиологического мониторинга для водных экосистем. С 1974 г. ведётся постоянный систематический контроль биотической составляющей водных объектов. В программе гидробиологического мониторинга пресноводных экосистем предусмотрены наблюдения по следующим подсистемам: фитопланктону, зоопланктону, зообентосу, перифитону, макрофитам, микрофлоре. К сожалению, дать полную оценку экологического состояния водных экосистем не представляется возможным, так как сеть наблюдений Росгидромета применяет гидробиологический контроль лишь в 20 % пунктов наблюдений.

В нашей стране оценка экологического состояния водных экосистем осуществляется по классификации В.А. Абакумова [15]. Закон Винера-Шеннона-Эшби является теоретической основой классификации В.А. Абакумова. Он отображает то, что увеличение внутреннего разнообразия биоценоза позволяет ему стабильно поддерживать высокий уровень метаболизма в широком диапазоне флуктуаций тех или иных факторов внешней среды в соответствии с обеспеченностью важнейшими жизненными ресурсами [14].

Загрязнение водных экосистем характеризуется интенсивностью метаболизма биоценозов. В водных экосистемах метаболизм биоценозов характеризуется двумя процессами: метаболическим регрессом и метаболическим прогрессом. Уменьшение интенсивности метаболизма биоценозов – метаболический регресс, увеличение интенсивности метаболизма биоценозов – метаболический прогресс. Метаболический прогресс связан с изменениями структуры биоценоза: с усложнением структуры – экологическим прогрессом, с упрощением структуры – с экологическим регрессом и с перестройкой структуры, не ведущей к ее упрощению или усложнению – экологической модуляцией. В соответствии с этой теорией при фоновом состоянии экосистем не происходит существенных изменений интенсивности метаболизма

биоценозов. Постоянное увеличение интенсивности метаболизма гидробиоценозов в водных экосистемах характеризуется антропогенным экологическим напряжением и метаболическим регрессом. Водные экосистемы, находясь в состоянии экологического напряжения, характеризуются увеличением видового разнообразия биоценозов и усложнением межвидовых отношений. Находясь в состоянии экологического регресса, в водных экосистемах происходит упрощение межвидовых отношений и снижение разнообразия биоценозов. Высокое загрязнение водных экосистем токсичными веществами способствует состоянию антропогенного метаболического регресса, которое характеризуется снижением интенсивности метаболизма биоценозов. Следовательно, полную оценку экологического состояния гидробиоценозов в мониторинге водных экосистем можно получить, применяя структурные и функциональные показатели водных экосистем.

В системе Росгидромета гидробиологический мониторинг в основном осуществляется по структурным показателям. Оценка интенсивности метаболизма биоценозов связана с определенными трудностями. Реализация на практике наиболее изученного обобщенного показателя интенсивности метаболизма – продукции и деструкции органического вещества, связана с методическими сложностями: необходимостью экспонирования проб в месте отбора в течение нескольких часов, что при современном материальном обеспечении сети наблюдений невозможно [7]. В связи с этим применение показателей интенсивности метаболизма гидробиоценозов, которые бы отличались простотой определения и высокой информативностью является на сегодняшний день актуальным. Такими показателями являются ферменты щелочная фосфатаза и внеклеточные эстеразы. Внеклеточные эстеразы и щелочная фосфатаза осуществляют взаимосвязь водных организмов со средой обитания, участвуя в трансформации жизненно важных веществ в водных экосистемах и являясь показателями их функционирования.

Так применение метода главных компонент для анализа данных экологического мониторинга в Нижнем течении р. Дон по гидрохимическим показателям показало, что если бы из расчетов были исключены АЩФ и АЭ, то классификация проб воды была бы более затруднительной [16] (рис. 1).

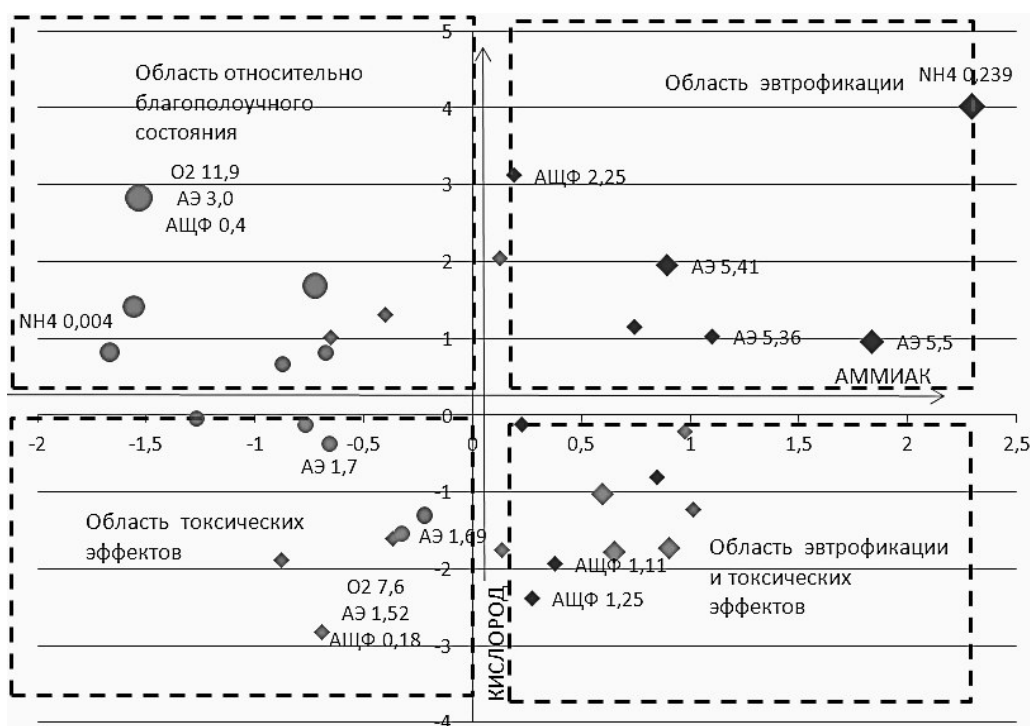


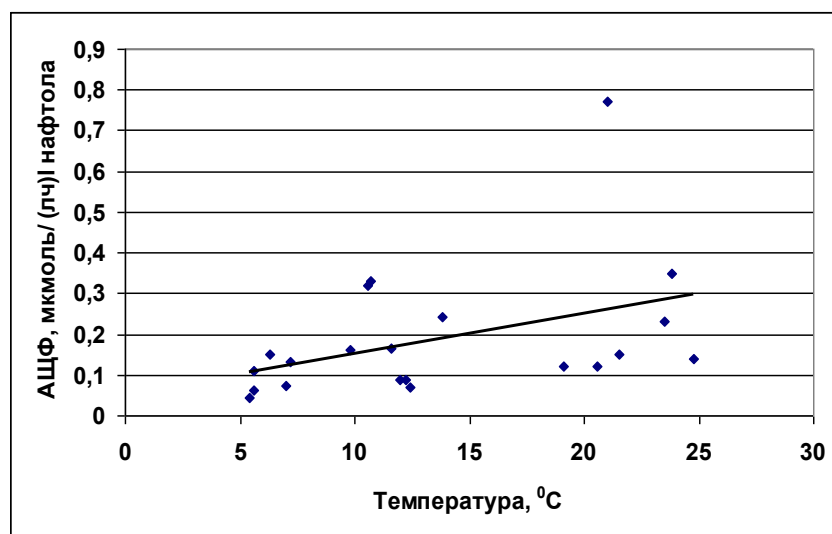
Рисунок 1 – График счетов (PC1 – PC2) [Chart of accounts (PC1 – PC2)]

При сопоставлении гидрохимических, гидробиологических и ферментативных показателей на изученных реках Ростовской области [17] установлено:

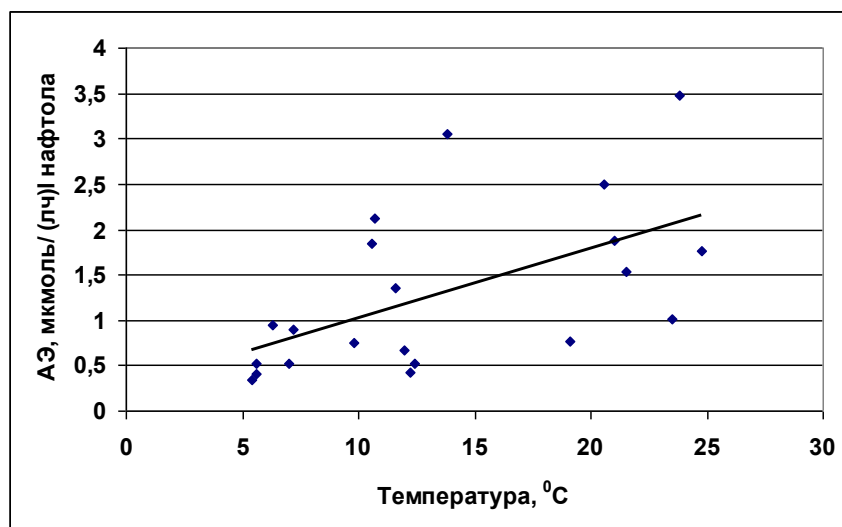
1) общая активность щелочной фосфатазы и эстераз является информативным индикатором загрязненности рек биогенными веществами, приоритетными тяжелыми металлами, нефтепродуктами, АСПАВ, органическими веществами (по БПК₅), а также состояния экосистем по микробиологическим показателям;

2) показатели активности щелочной фосфатазы и эстераз являются интегральными характеристиками ответной реакции планктонных сообществ на загрязненность воды и могут быть использованы в режимном и, в особенности, оперативном мониторинге водотоков Ростовской области;

3) показатели активности щелочной фосфатазы и эстераз наиболее информативны в период интенсивной вегетации планктонных сообществ; поздней осенью, зимой и ранней весной активность изученных ферментов существенно снижается, вследствие естественного торможения функциональной активности планктонных организмов, и связь с загрязненностью становится менее выраженной (рис. 2, 3, 4, 5).



а)



б)

Рисунок 2 – Зависимость АЩФ (а) и АЭ (б) от температуры 2002 – 2003 гг [Dependence of ASF (a) and AE (b) on 2002 – 2003 years temperature]

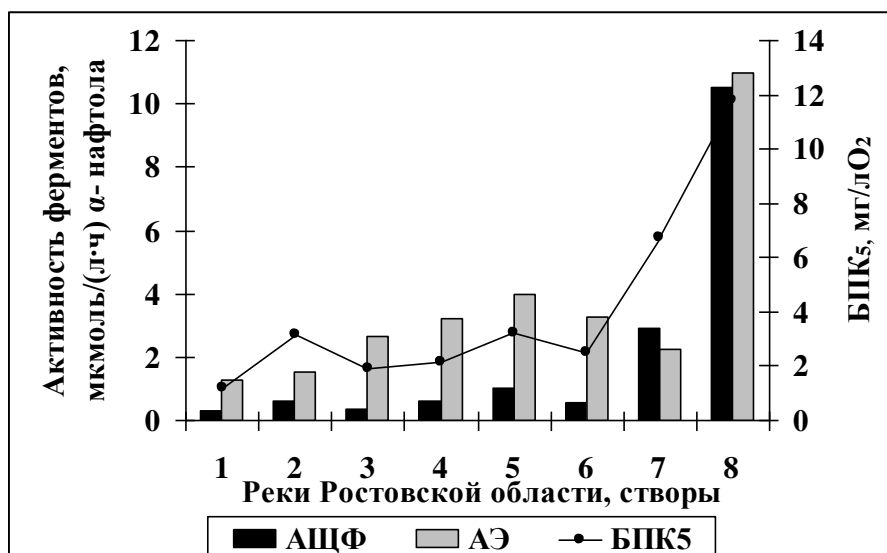
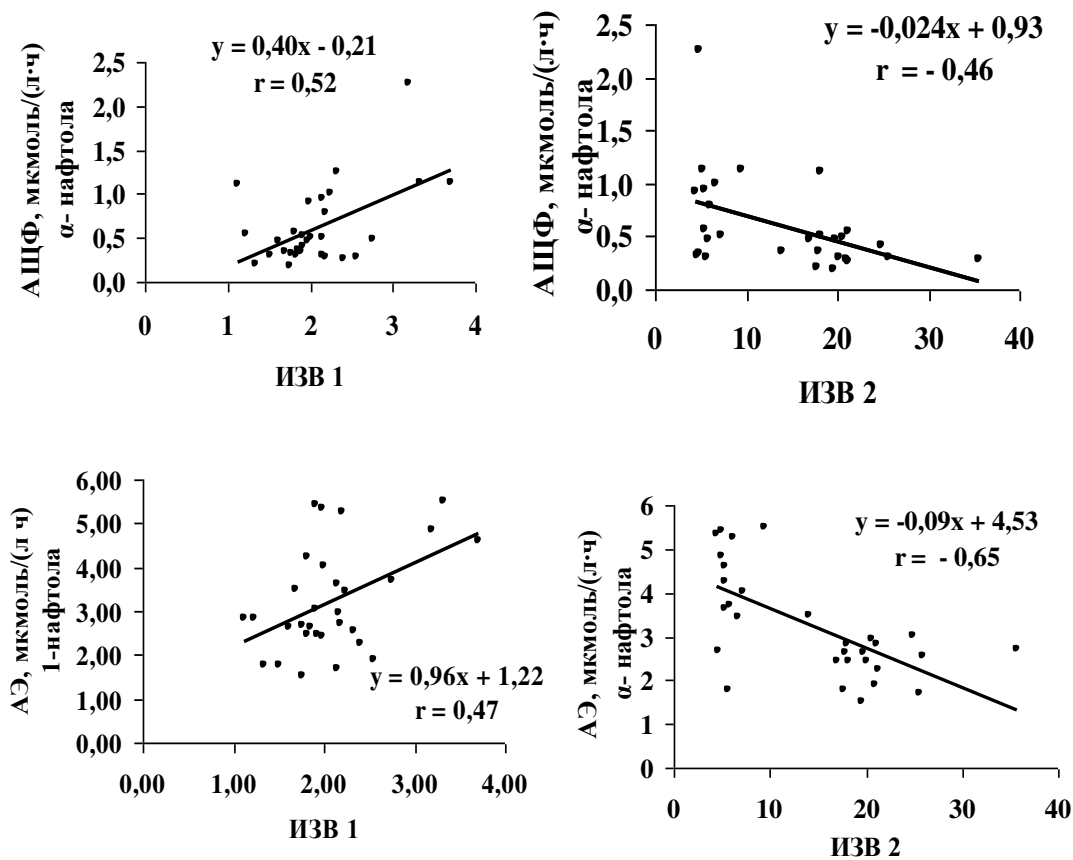


Рисунок 3 – Изменение показателей активности ферментов в водных объектах Ростовской области с разным уровнем загрязненности: 1 – р. Большая Крепкая; 2 – р. Тузлов; 3 – р. Дон, у Ростовского водозабора; 4 – р. Дон, ниже впадения р. Темерник; 5 – р. Дон, у водосброса очистных сооружений г. Ростова-на-Дону, левый берег; 6 – р. Дон, среднее значение на участке от г. Аксая до г. Азова; 7 – ручей балки Калиновой, исток, 8 – р. Темерник. [Changes of activity enzymes in water bodies of the Rostov region with different levels of pollution: 1 – the river Big Strong; 2 – river Tuzlov; 3 – the river Don, the Rostov water intake; 4 – the river Don, below the confluence of the river Temernik; 5 – the Don river, at the spillway of the treatment facilities of Rostov-on-don, the left Bank; 6 – the river Don, the average value in the area from Aksai to the town of Azov; 7 – stream beam Kalinovo, Istok, 8 – the river Temernik]



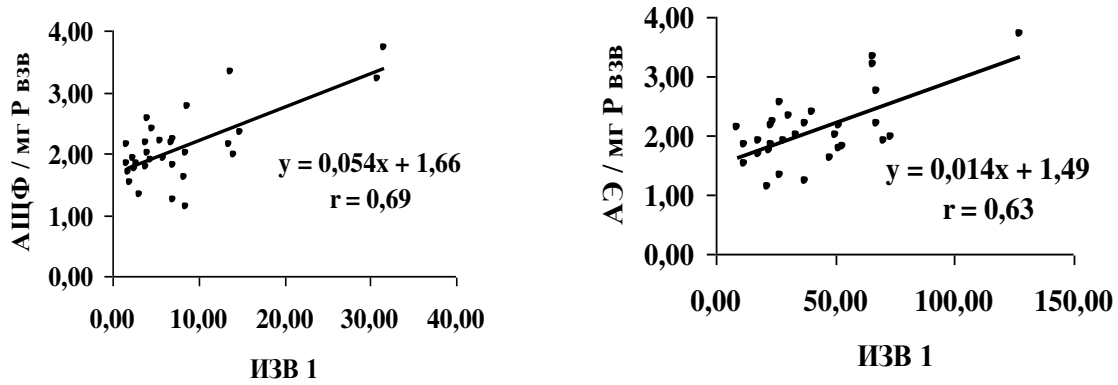


Рисунок 4 – Зависимость между показателями активности ферментов и индексами загрязнения воды (ИЗВ) в нижнем течении р. Дон в июле-сентябре 2002 года [Relationship between enzyme activity indices and water pollution indices in the lower flow of the river Don in July-September 2002]

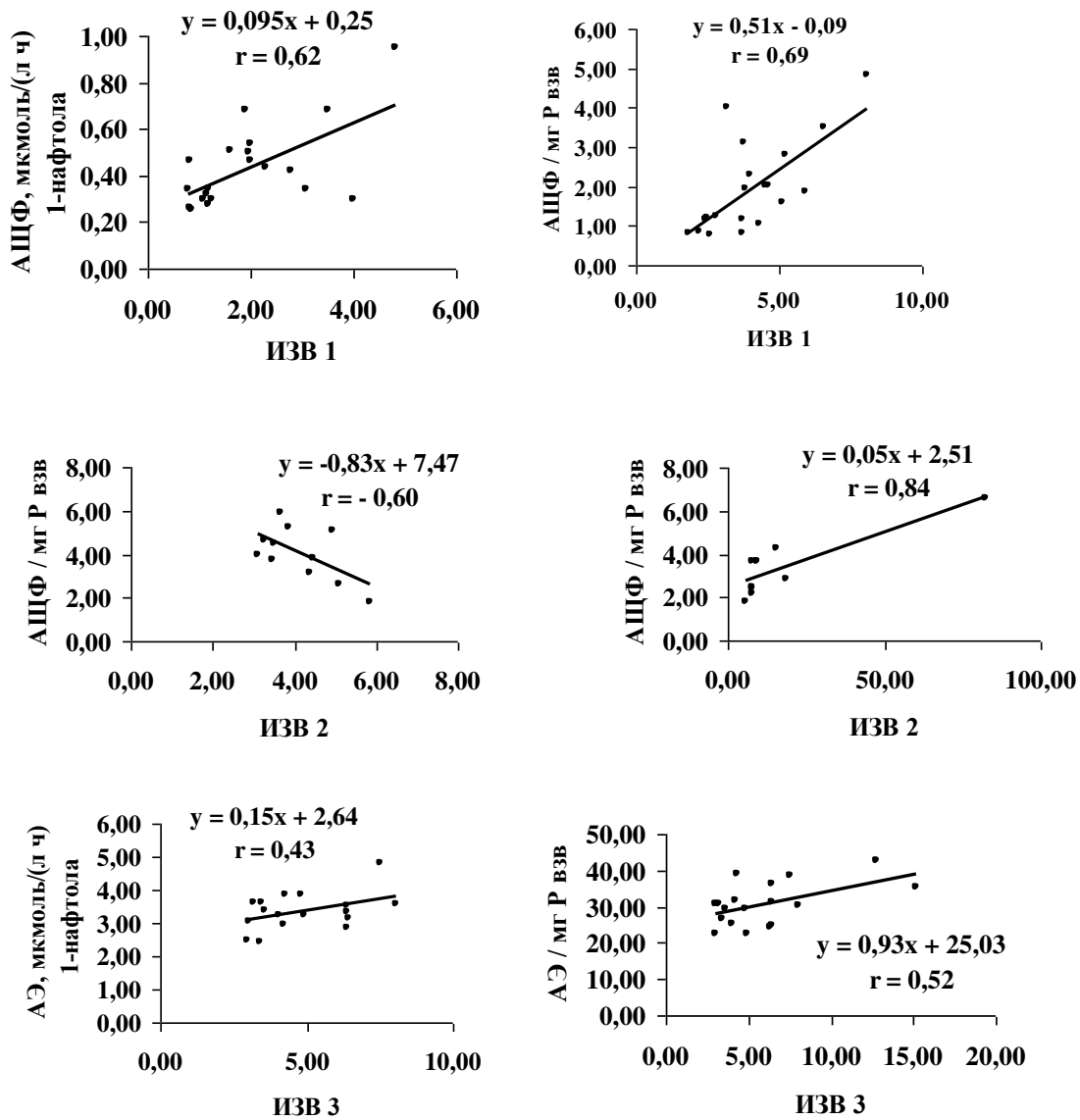


Рисунок 5 – Зависимость между показателями АЩФ и АЭ с индексами загрязнения воды (ИЗВ) в нижнем течении р. Дон в мае-июле 2003 года [Relationship between ASF and AE water pollution indices in the lower flow of the river Don in May-July 2003]

Полученные результаты позволили разработать рекомендации по использованию показателей активности ферментов в мониторинге для индикации качества водотоков Ростовской области [17].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Кожова, О. М. Методология оценки состояния экосистем / О.М. Кожова, Л. Р. Измestьева, Б. К. Павлов, В. И. Воронин и др. – Ростов-на-Дону : ООО «ЦВВР», 2000. – 128 с.
- 2 Шварц, С. С. Эволюция биоценозов и экологическое прогнозирование / С. С. Шварц // Материалы советско-американского симпозиума по биосферным заповедникам, 1976 (доклады советских участников). – Москва, 1976. – Ч. 2. – С. 327-332.
- 3 Винберг, Г. Г. Многообразие и единство жизненных явлений и количественные методы в биологии / Г. Г. Винберг // Журнал общей биологии. – 1981. – Т. 42. – № 1. – С. 5-8.
- 4 Тимофеев-Ресовский, Н. В. О некоторых принципах классификации биохорологических единиц: вопросы классификации растительности / Н. В. Тимофеев-Ресовский // Труды Института биологии УФ АН СССР. – 1961. – Вып. 27. – С. 23-28.
- 5 РД 52.24.633-2002 Методические указания. Методические основы создания и функционирования подсистемы мониторинга экологического регресса пресноводных экосистем. Санкт-Петербург : Гидрометеиздат, 2002 – 32 с.
- 6 Бакаева, Е. Н. Качество вод приплотинной части Цимлянского водохранилища в условиях цветения сине-зеленых микроводорослей / Е. Н. Бакаева, Н. А. Игнатова // Глобальная ядерная безопасность. – 2013. – № 1 (6). – С. 26.
- 7 Бейсуг, О. И. Методология и методы оценки состояния водных экосистем / О. И. Бейсуг, Л. М. Предеина // Глобальная ядерная безопасность. – 2014. – № 1 (10). – С. 5-9.
- 8 Емельянова В. П. К вопросу оценочного картирования в гидрохимии / В. П. Емельянова, Г. Н. Данилова, И. Д. Родзиллер // Гидрохимические материалы. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1989. – Т. 95. – С. 118-133.
- 9 Оценка качества поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям // Гидрохимические материалы. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1983. Т. 88. С. 119-120.
- 10 Новиков, Ю. В. Использование комплексных показателей при разработке гигиенической классификации водоемов по степени их загрязнения / Ю. В. Новиков, С. И. Плитман, К. О. Ласточкина, Р. М. Хвастунов // Гигиена и санитария – 1984. – № 6. – С. 11-13.
- 11 Комплексные оценки качества поверхностных вод / под ред. А. М. Никанорова. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1984. – 138 с.
- 12 Никаноров, А. М. Мониторинг качества вод: оценка токсичности / А. М. Никаноров, Т. А. Хоружая, Л. В. Бражникова, А. В. Жулидов. – Санкт-Петербург : Гидрометеиздат, 2000. – 160 с.
- 13 Гурарий, В. И. Индекс качества воды / В. И. Гурарий, А. С. Шайн // Проблемы охраны вод. – Харьков, 1973. – Вып. 4. – С. 105-114.
- 14 Абакумов, В. А. Гидробиологический мониторинг пресноводных экосистем и пути его совершенствования / В. А. Абакумов, Л. М. Сушня // Экологические модификации и критерии экологического нормирования: труды международного симпозиума, Нальчик, 1-12 июня 1990 г. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1991. – С. 41-51.
- 15 Абакумов, В. А. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В. А. Абакумова. – Санкт-Петербург : Гидрометеиздат, 1992. – 318 с.
- 16 Абидова Е. А. Оценка состояния водного объекта в зоне размещения РоАЭС с использованием метода главных компонент / Е. А. Абидова, О. И. Бейсуг // Глобальная ядерная безопасность. – 2018. – № 4 (29). – С. 17-23.
- 17 Бейсуг О. И. Индикация качества воды в дельте Дона и малых реках Ростовской области на основе показателей активности щелочной фосфатазы и эстераз сестона : диссертация кандидата географических наук / О. И. Бейсуг – Ростов-на-Дону, 2007. – 133 с.

REFERENCES

- [1] Kozhova O.M, Izmestieva L.R., Pavlov B.K., Voronin V.I. Metodologiya ocenki sostoyaniya e`kosistem [Methodology for Assessing the State of Ecosystems: study guide]. Rostov-on-Don: TsVVR LLC, 2000. 128 p. (in Russian).
- [2] Shvarts S.S. E`volyuciya biocenozov i e`kologicheskoe prognozirovanie. Materialy` sovetsko-amerikanskogo simpoziuma po biosferny`m zapovednikam, 1976 (doklady` sovetskix uchastnikov [Evolution of Biocenoses and Ecological Forecasting. Materials of the Soviet-American Symposium

- on Biosphere Reserves 1976. Soviet participant report]. Moscow. 1976. Part 2. P. 327-332 (in Russian).
- [3] Winberg G.G. Mnogoobrazie i edinstvo zhiznenny`x yavlenij i kolichestvenny`e metody` v biologii [Diversity and Unity of Life Phenomena and Quantitative Methods in Biology]. Zhurnal obshej biologii [Journal of Biology]. 1981. V. 42. № 1. p. 5-8. (in Russian).
- [4] Timofeev-Resovsky N.V. O nekotory`x principax klassifikacii bioxorologicheskix edinic: voprosy` klassifikacii rastitel`nosti [Some Principles of Classification of Biochorological Units: Issues of Classification of Vegetation]. Trudy` Instituta biologii UF AN SSSR [Biology Institute of UV USSR]. 1961. V. 27. P. 23-28 (in Russian).
- [5] RD 52.24.633-2002 Metodicheskie ukazaniya. Metodicheskie osnovy` sozdaniya i funkcionirovaniya podsystemy` monitoringa e`kologicheskogo regressa presnovodny`x e`kosistem [Guidelines. Methodical Bases of Creation and Functioning of the Subsystem of Monitoring of Ecological Regress of Freshwater Ecosystems]. Sankt-Peterburg: Gidrometeoizdat [Saint-Petersburg: Hydrometeoizdat]. 2002. 32 p. (in Russian).
- [6] Bakaeva E.N., Ignatova N.Ah. Kachestvo vod priplotinnoj chasti Cimlyanskogo vodoxranilishha v usloviyax czveteniya sine-zeleny`x mikrovdoroslej [Water Quality of the Dam Part of the Tsimlyansk Reservoir under the Conditions of Blue-Green Microalgae Flowering]. Global`naya yadernaya bezopasnost [Global nuclear safety]. 2013. № 1 (6). P. 26 (in Russian).
- [7] Beisug O.I., Predeina L.M. Metodologiya i metody` ocenki sostoyaniya vodny`x e`kosistem [Methodology and Methods for Assessing the Status of Aquatic Ecosystems]. Global`naya yadernaya bezopasnost [Global Nuclear Safety]. 2014. №1 (10). P. 5-9 (in Russian).
- [8] Emelyanova V.P., Danilova G.N., Rodziller I.D. K voprosu ocenochного kartirovaniya v gidroximii [Estimating Mapping in Hydrochemistry]. Gidroximicheskie materialy`. Leningrad: Gidrometeoizdat [Hydrochemical Materials. Leningrad: Gidrometeoizdat]. 1989. V. 95. P. 118-133 (in Russian).
- [9] Ocenka kachestva poverxnostny`x vod sushi po gidroximicheskim pokazatelyam [Assessment of Surface Water Quality on Land by Hydrochemical Indicators]. Gidroximicheskie materialy`. Leningrad: Gidrometeoizdat [Hydrochemical Materials. Leningrad: Gidrometeoizdat]. 1983. V. 88. P. 119-120 (in Russian).
- [10] Novikov Yu.V., Plitman S.I., Lastochkina K.O., Khvastunov R.M. Ispol`zovanie kompleksny`x pokazatelej pri razrabotke gigienicheskoj klassifikacii vodoemov po stepeni ix zagryazneniya [The Use of Complex Indicators in the Development of Hygienic Classification of Water Bodies according to the Degree of Their Pollution]. Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation]. 1984. № 6. P. 11-13 (in Russian).
- [11] Kompleksny`e ocenki kachestva poverxnostny`x vod [Complex Assessments of Surface Water Quality]. Pod red. A.M. Nikanorova [Edited by A. M. Nikanorov]. Leningrad: Gidrometeoizdat [Hydrochemical materials. Leningrad: Gidrometeoizdat]. 1984. 138 p. (in Russian).
- [12] Nikanorov A.M., Khoruzhaya T.A., Brazhnikov L.V., Zhulidov A.V. Monitoring kachestva vod: ocenka toksichnosti [Monitoring of Water Quality: Toxicity Assessment]. Sankt-Peterburg: Gidrometeoizdat [Saint-Petersburg: Hydrometeoizdat]. 2000. 160 p. (in Russian).
- [13] Gurariy V.I., Shine A.S. Indeks kachestva vody` [Water quality index]. Problemy` oxrany` vod [Problems of water protection]. Xar`kov [Kharkov]. 1973. Issue. 4. P. 105-114 (in Russian).
- [14] Abakumov V.A., Sushchenya L.M. Gidrobiologicheskij monitoring presnovodny`x e`kosistem i puti ego sovershenstvovaniya [Hydrobiological Monitoring of Freshwater Ecosystems and Ways to Improve It]. E`kologicheskie modifikacii i kriterii e`kologicheskogo normirovaniya: trudy` mezhdunarodnogo simpoziuma, Nal`chik, 1-12 iyunya 1990 g. [Ecological Modifications and Criteria for Environmental Regulation: International Symposium, Nalchik, June 1-12, 1990]. Leningrad: Gidrometeoizdat [Hydrochemical materials. Leningrad: Gidrometeoizdat]. 1991. P. 41-51 (in Russian).
- [15] Abakumov V.A. Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodny`x e`kosistem [Guide to Hydrobiological Monitoring of Freshwater Ecosystems]. Sankt-Peterburg: Gidrometeoizdat [Saint-Petersburg: Hydrometeoizdat]. 1992. 318 p. (in Russian).
- [16] Abidova E.A., Beisug O.I. Ocenka sostoyaniya vodnogo ob`ekta v zone razmeshheniya RoAE`S s ispol`zovaniem metoda glavny`x komponent [Assessment of the State of a Water Body in the Zone of the Rostov NPP Location Using the Main Element]. Global`naya yadernaya bezopasnost [Global Nuclear Safety]. 2018. № 4 (29). P. 17-23 (in Russian).
- [17] Beisug O.I. Indikaciya kachestva vody` v del`te Dona i малы`x rekax Rostovskoj oblasti na osnove pokazatelej aktivnosti shhelochnoj fosfatazy` i e`steraz sestona : dissertaciya kandidata geograficheskix nauk [Indication of Water Quality in the Don Delta and Small Rivers of the Rostov Region Based on Indicators of Alkaline Phosphatase Activity and Seston Esterases: Thesis of PhD in Geography]. Rostov-na-Donu [Rostov-on-Don]. 2007. 133 p. (in Russian).

The Application Urgency of Activity Indicators of Alkaline Phosphatase and Seston Esterases in Aquatic Ecosystem Monitoring

O.I. Beisug

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University
“MEPhI”, Lenin St., 73/94, Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360*

ORCID iD: 0000-0001-9218-9354

WoS Researcher ID: O-6513-2018

e-mail: beisug@rambler.ru

Abstract – The paper considers assessments of aquatic ecosystem state. The analysis of existing assessments in hydrochemistry is carried out, their advantages and disadvantages are revealed. The work proves the application of indicators of alkaline phosphatase and extracellular esterase to assess the status of aquatic ecosystems in the monitoring of surface land waters.

Keywords: ecological state, enzymatic activity (alkaline phosphatase activity, sisters extracellular esterase activity), aquatic ecosystems, environmental monitoring, hydrobiocenosis, bioindication, hydrobiological control, pollution, pollutants.