

О ВОЗДЕЙСТВИИ НЕКОТОРЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ФЕНОЛОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ АКТИВНОСТИ ЭСТЕРАЗ СЕСТОНА В МОДЕЛЬНЫХ И ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

© 2021 г. О. И. Бейсуг*

Волгодонской инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета (МИФИ), Волгодонск, 347360, Россия

*e-mail: beisug@rambler.ru

Поступила в редакцию 28.02.2021 г.

После доработки 11.03.2021 г.

Принята к публикации 12.03.2021 г.

Рассмотрено моделирование влияния монофенола на показатели активности эстераз сестона (АЭ). Эксперименты были проведены на природной воде из р. Дон в аквариумах, куда вносили концентрации фенола 0.02, 0.010, 0.020, 0.050 мг/л. Один аквариум являлся контрольным. Проведен анализ изменения активности эстераз при воздействии концентраций фенола 0.02, 0.010, 0.020 0.050 мг/л в модельных экспериментах и в исследованиях, проведенных на участке р. Северский Донец в районе г. Лисичанска. Проведен канонический и регрессионный анализ между активностью внеклеточных эстераз сестона и гидрохимическими показателями и фенольными соединениями. Установлено, что в модельных экспериментах и исследованиях на приводных водных экосистемах, активность внеклеточных эстераз сестона является информативным показателем для оценки качества вод загрязнением фенольными соединениями в диапазоне от 2 до 50 мкг/л, эффект воздействия которых, длится до 6 суток. Регрессионный анализ показал, что значения активности внеклеточной эстеразы на участке реки Северский Донец прогнозируется комплексом химических компонентов, состоящим из фенолов и биогенных веществ, а также температурой. Канонический анализ показал, что математически состояние водной экосистемы можно описать с помощью АЭ, а также комплексом гидрохимических показателей. Соответственно, показатели активности внеклеточной эстеразы могут быть использованы для оценки экологического состояния водных экосистем в экологическом мониторинге.

Ключевые слова: фенолы, фенольные соединения, экологическое состояние, активность внеклеточных эстераз сестона, водные экосистемы, модельные эксперименты, природные экосистемы, оценка экологического состояния водных экосистем, экологический мониторинг, загрязнение водных экосистем, загрязняющие вещества

DOI: 10.1134/S2304487X21010041

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время резко ухудшилась экологическая ситуация в водном бассейне реки Дон. В связи с этим, требуется постоянно проводить экологический мониторинг качества природных вод.

Фенольные соединения относятся к наиболее распространенным загрязняющим веществам. Они поступают в водоемы со сточными водами предприятий по переработке древесины, нефтеперерабатывающих комплексов, угледобывающей и химической промышленности [1], с подземными водами урбанизированных территорий [2]. Однако огромное разнообразие фенольных соединений образуется в естественных условиях в процессе жизнедеятельности гидробионтов [3], при микробиологической деструкции и трансформации аллохтонных и автохтонных органиче-

ских соединений [4, 5], происходящих как в толще воды, так и в донных отложениях.

В природных водах фенольные соединения находятся не только в свободном растворенном состоянии. Они также способны вступать в реакции конденсации и полимеризации, образуя сложные гумусоподобные комплексы и полиароматические соединения. Концентрации фенолов в водных экосистемах изменяются по сезонам и различаются по своему содержанию в поверхностных и придонных слоях воды. Существуют локальные зоны с высоким содержанием фенольных соединений. К ним относятся донные отложения и участки водоемов с интенсивным развитием водорослей и макрофитов. Фенольные соединения различаются по своей химической инертности и устойчивости к микробиологиче-

скому разложению. Поэтому одни из них быстро метаболизируются или окисляются в водной среде микробными сообществами, другие длительное время сохраняются без изменения или же накапливаются в водоемах, представляя реальную угрозу для обитателей последних [6].

Так, проведенные исследования на реках Волге, Керженце, Суре, Ветлуге, показали, что полное разрушения 10 мг/л фенола при температуре менее 20°C не происходит. При температуре 20°C разрушение 10 мг/л фенола происходит на тринадцатый день, а при концентрации 20 мг/л — распад ускорялся. Наибольшая скорость распада фенола отмечалась на станциях с повышенным содержанием солей азота и фосфора, которые составили соответственно: NO_3 от 0.056 до 0.585 N мг/л, NO_2 от 0.001 до 0.012 N мг/л, $\text{P}_{\text{мин.}}$ от 0.05 до 0.016 мг/л. Там, где указанных элементов было минимальное количество, распад токсиканта резко замедлялся [7].

Хлорированные фенолы влияют на развитие перифитона, синезеленых и зеленых водорослей, вызывают гибель ракообразных и патофизиологические нарушения у рыбы (увеличение размеров печени, нарушение углеводного обмена, замедление роста половых желез) [8–10].

Целью настоящей работы является доказательство того, что нахождение в воде некоторых концентраций фенолов можно определить по активности внеклеточных эстераз сестона.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В данной работе исследуется зависимость показателей активности внеклеточных эстераз сестона от нахождения в воде некоторых концентраций фенолов.

Внеклеточные эстеразы продуцируются преимущественно бактерио- и фитопланктоном и являются неспецифичными по отношению к субстратам, гидролизуя определенные типы химической связи. Внеклеточные эстеразы участвуют в круговороте фосфора и углерода, то есть принимают участие в метаболизме биоценозов. Изменение показателей активности данного фермента может привести к нарушению сбалансированности биогеохимических процессов в водных экосистемах. То есть по изменению активности внеклеточного фермента эстераз сестона можно судить об экологическом состоянии водного объекта.

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 ме-

тодическими сложностями: необходимостью экспонирования проб в месте отбора в течение нескольких часов, что при современном материальном обеспечении сети наблюдений невозможно [11].

К биологическим методам исследования по влиянию фенолов на водные экосистемы можно отнести изучение воздействия фенола на ракообразных, *Daphnia magna*, ветвистоусых рачках *Daphnia longispina* O.F. Müller, *Bosmina coregoni* Baird, *Polyphemus pediculus* (L.) и веслоного рачка *Cyclops sp.* [12–14]. Используемые в биологических методах концентрации фенолов от 0.5 мг/л и выше допустимы только для чистого фенола, а не для фенола, содержащегося в сточных водах, поскольку там содержатся и другие более ядовитые вещества. В сточных водах рачки погибают при еще более низких концентрациях.

В связи с этим применение показателей интенсивности метаболизма гидробиоценозов, которые отличаются 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 [15].

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Активность фермента определяли по оригинальным методикам, разработанным в Гидрохимическом институте [16].

Этот метод основан на ферментативном гидролизе α -нафтилацетата эстеразами с образованием α -нафтола и последующей реакции азосочетания α -нафтола с РР-солью для получения окрашенного комплекса. Методика определения активности эстераз сестона составляет в диапазоне от 0.15 до 13.00 мкмоль/(л ч) α -нафтола, ее погрешность не превышает 10%. Используемая методика определения активности фермента аттестована в соответствии с существующими правилами (РД 52.24.517-2007).

Метод определения активности эстераз сестона прост, экспрессен, применим в полевых условиях. Воспроизводимость метода — 12%.

Автором установлено [17]:

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.

В связи с этим, проведены эксперименты, в которых рассматривали активность эстераз, как наиболее информативный показатель при оценке качества вод.

В данной работе исследовано влияние далеко не самого токсичного в ряду фенолов, монофенола, на показатели активности эстераз сестона.

В настоящей работе автором проведены эксперименты на природной воде из р. Дон в аквариумах, куда вносили концентрации фенола 0.02, 0.010, 0.020, 0.050 мг/л. Таким образом, концентрации фенола, вносимые в аквариумы, составили от 2 до 50 мкг/л. Один аквариум являлся контрольным. Фиксировали изменения активности эстераз через 1 час, 4 часа, 1, 2, 3 и 6 суток. Активность эстераз сестона (АЭ) измеряли через следующие промежутки времени: 1 час и 4 часа, 1, 2, 3 и 6 суток. Активность ферментов определяли в двух повторностях.

Как показали результаты исследований, АЭ оказалась мало чувствительной к фенолу и прак-

Таблица 1. Активность эстераз при воздействии различных концентраций фенола в эксперименте на природной воде из р. Дон

Время воздействия	Контроль	Концентрация фенола, мг/л			
		0.002	0.010	0.020	0.050
1 ч	6.29	6.4	5.93	6.7	$\frac{7.72}{+23\%}$
4 ч	5.63	6.32	6.02	6.45	6.18
1 сут	8.44	8.72	8.59	8.83	8.57
2 сут	13.19	13.57	13.95	13.33	$\frac{14.78}{+12\%}$
3 сут	12.18	11.80	11.84	12.33	11.98
6 сут	15.67	14.52	16.64	15.3	$\frac{20.7}{+32\%}$

Примечание: в числителе даны абсолютные значения активности эстеразы в мкмоль/(л ч) α -нафтола, в знаменателе — значимые отклонения от контроля в %.

тически не отличалась от контроля в диапазоне концентраций от 0.002 до 0.020 мг/л. Лишь в аквариумах с наиболее высокой концентрацией фенола, 0.050 мг/л, наблюдалось некоторое повышение активности фермента при экспозиции 1 ч и 6 суток (табл. 1).

На рис. 1 показана зависимость АЭ от концентрации фенолов в эксперименте на природной воде из р. Дон.

Следует отметить, что значения показателя БПК₅ в пробах воды, отобранных из аквариумов на третьи сутки эксперимента, во всех вариантах опыта не отличались от контрольных данных. БПК₅ в мониторинге качества вод считается показателем содержания легко окисляющихся орга-

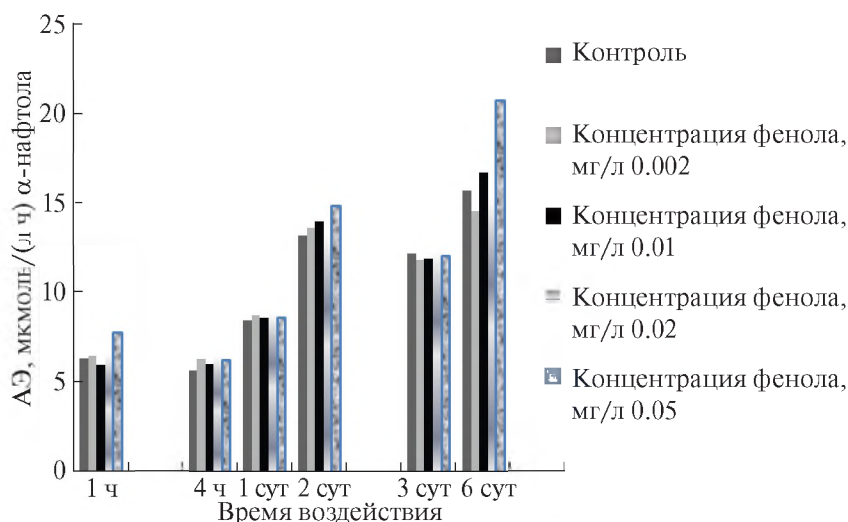


Рис. 1. График зависимости АЭ от концентрации фенолов в эксперименте на природной воде из р. Дон.

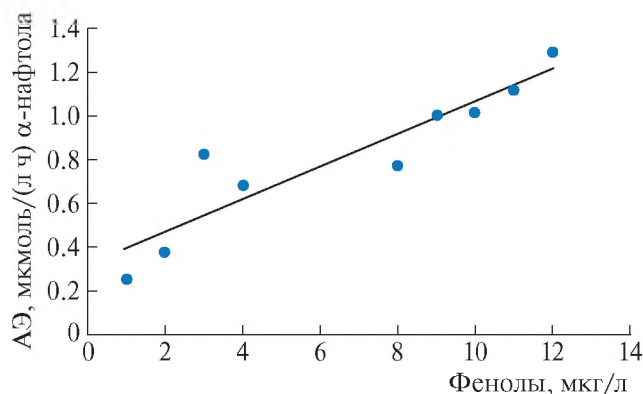


Рис. 2. График зависимости АЭ от концентрации фенолов в р. Северский Донец.

нических веществ. В то же время этот показатель характеризует и активность бактериопланктона.

В связи с аварией на нефтепроводе на участке р. Северский Донец в районе г. Лисичанска в 1989 году пробы воды брались ст. научным сотрудником ФГБУ «Гидрохимический институт» Росгидромета Предеиной Л.М.

Автором установлена положительная корреляция между концентрацией фенолов и активностью эстераз. В отличие от результатов, полученных в эксперименте, в природных условиях выявлена корреляция АЭ, с концентрацией фенолов. Коэффициент корреляции между АЭ и концентрацией фенолов оказался достаточно высоким – $r = 0.86$. На рис. 2 приведена зависимость АЭ от концентрации фенолов в р. Северский Донец.

На основе анализа полученных экспериментальных данных мы получили ряд математических уравнений. Математическая зависимость между активностью эстераз и концентрацией фенолов на данном участке реки достаточно удовле-

творительно описывается уравнениями линейной регрессии (1), (2):

$$y = 9.9424x - 2.1411 (R^2 = 0.75), \quad (1)$$

где y – активность эстераз (АЭ), мкмоль/(л ч) α-нафтола, x – концентрация фенола, мкг/л.

Более точное описание этих зависимостей дают степенные уравнения:

$$y = 9.9424x^{1.39} (R^2 = 0.83), \quad (2)$$

где y – активность эстераз (АЭ), мкмоль/(л ч) α-нафтола, x – концентрация фенола, мкг/л.

График зависимости между активностью ферментов и концентрацией фенолов, описываемые уравнениями (2)–(5), представлены на рис. 2.

Столь, казалось бы, противоречивые результаты природных и модельных исследований, возможно, связаны с тем, что на данном участке реки в створах с повышенной активностью ферментов наблюдались более высокие концентрации не только фенолов, но и нитритного и аммонийного азота, а также более высокие значения БПК₅ и температуры (табл. 2, 3). Концентрации растворенного кислорода на загрязненных створах, напротив, были несколько снижены. Эти показатели, как и фенолы, оказывают прямо или косвенно влияние на показатели активности обоих ферментов. Значимые коэффициенты корреляции между ферментативной активностью и гидрохимическими показателями качества воды р. С. Донец представлены в табл. 4.

Наличие значимых коэффициентов корреляции между активностью эстераз и концентрацией фенолов в природной экосистеме р. С. Донец, по-видимому, является результатом суммарного воздействия нескольких химических компонентов и температуры воды. В результате регрессионного анализа нами получены следующие линейные уравнения, описывающие взаимосвязь гидрохи-

Таблица 2. Активность внеклеточных эстераз сестона и некоторых гидрохимических показателей качества воды р. Северский Донец

Створ	АЭ мкмоль/(л ч) α-нафтола	t°C	Фенолы, мкг/л
19.8 км выше г. Лисичанска	$\frac{0.252-0.378}{0.324}$	$\frac{25.1-26.2}{25.7}$	$\frac{1-2}{2}$
Ниже сбросов РПО «Краситель»	$\frac{1.008-1.296}{1.122}$	$\frac{25.6-26.2}{25.9}$	$\frac{10-12}{11}$
Ниже сбросов завода «Лиссода»	$\frac{1.008-1.422}{1.218}$	$\frac{26.2-26.7}{26.4}$	$\frac{9-11}{10}$
Устье р. Беленькой	$\frac{0.774-1.71}{1.248}$	$\frac{31.8-33.0}{32.5}$	$\frac{8-9}{9}$
4 км ниже г. Лисичанска	$\frac{0.828-0.684}{0.846}$	$\frac{26.4-27.0}{26.7}$	$\frac{3-4}{3}$

Таблица 3. Гидрохимические показатели качества воды р. Северский Донец

Створ	NH_4^+ , мг/л N	NO_2^- , мг/л N	O_2 , мг/л	БПК ₅ , мг/л O
19.8 км выше г. Лисичанска	$\frac{0.48-0.58}{0.52}$	$\frac{0.052-0.071}{0.058}$	$\frac{6.68-6.79}{6.76}$	$\frac{2.54-2.92}{2.84}$
Ниже сбросов РПО “Краситель”	$\frac{0.92-1.40}{1.35}$	$\frac{0.080-0.096}{0.088}$	$\frac{6.35-6.48}{6.42}$	$\frac{3.15-3.45}{3.38}$
Ниже сбросов завода “Лиссода”	$\frac{2.30-2.80}{2.76}$	$\frac{0.105-0.121}{0.111}$	$\frac{6.38-6.46}{6.43}$	$\frac{2.68-2.74}{2.70}$
Устье р. Беленькой	$\frac{2.95-3.46}{3.16}$	$\frac{0.350-0.390}{0.385}$	$\frac{5.82-5.98}{5.96}$	$\frac{3.1-3.68}{3.5}$
4 км ниже г. Лисичанска	$\frac{1.58-2.04}{1.92}$	$\frac{0.115-0.128}{0.120}$	$\frac{6.08-6.15}{6.11}$	$\frac{2.9-3.16}{3.04}$

Таблица 4. Коэффициенты корреляции между активностью ферментов и гидрохимическими показателями качества вод

Активность ферментов	T °C	Фенолы	NH_4^+	NO_2^-	БПК ₅	O_2
АЭ $n = 15$	$0.90, p < 0.01$	$0.86, p < 0.01$	$0.86, p < 0.05$	$0.88, p < 0.01$	$0.65, p < 0.05$	$-0.81, p < 0.01$

Примечание : n – число наблюдений; p – уровень значимости

мических и гидробиологических показателей качества воды с активностью эстераз (уравнения (3)–(5)):

$$y = 0.339x_1 + 0.404x_4 + 0.275x_6 - 0.210x_7 \quad (3)$$

$$y = 0.437x_1 + 0.423x_8 + 0.296x_9 \quad (4)$$

$(R = 0.96; p = 0.000002)$

$$y = 0.431x_1 + 0.13x_6 + 0.377x_8 + 0.164x_9 \quad (5)$$

$(R = 0.97; p = 0.000002),$

где y – АЭ, мкмоль/(л ч) α -нафтола, x_1 – температура воды, °C; x_4 – концентрация нитритного азота, мг/л; x_6 – концентрация фенолов, мг/л; x_7 – содержание общего фосфора, мг/л; x_8 – численность фитопланктона, тыс. кл. /мл; x_9 – численность бактериопланктона, млн. кл. /мл.

Регрессионное уравнение (3) показывает то, что значения активности внеклеточной эстеразы на данном участке реки С. Донец с высокой степенью вероятности прогнозируется комплексом химических компонентов, состоящим из фенолов и биогенных веществ, а также температурой. Уравнения (4)–(5) описывают взаимосвязи активности внеклеточных эстераз сестона с гидробиологическими показателями – численностью фитопланктона и бактериопланктона. Данные уравнения включают также температуру воды, без которой уравнения становятся незначимыми с низким коэффициентом множественной корреляции.

Для эстераз наиболее адекватным является уравнение (5), в котором в качестве независимых переменных присутствуют наряду с численностью фито- и бактериопланктона концентрации фенолов и температура воды.

Тот факт, что значения активности эстераз обусловлены как комплексом физических и химических показателей, так и гидробиологическими показателями, вполне закономерен, так как АЭ продуцируется фито- и бактериопланктоном, уровень метаболизма которых в свою очередь зависит от температуры воды и ее химического состава.

Канонический анализ оценивает взаимозависимость двух переменных, каждая из которых представлена комплексом показателей, выявил очень высокие коэффициенты канонической корреляции между переменными, одна из которых представлена АЭ, а другая – комплексом физико-химических или гидробиологических показателей (уравнения (6)–(8)):

$$-0.725y = -1.178x_1 + 0.599x_5 - 0.457x_6 + 0.3x_7 \quad (6)$$

$(R = 1.00; p = 0.000000)$

$$2.839y = -21.61x_1 + 30.36x_3 + 53.22x_8 - 11.04x_9 \quad (7)$$

$(R = 1.00; p = 0.000000)$

$$-0.494y = -0.91x_8 - 0.26x_9 \quad (8)$$

$(R = 0.99; p = 0.000000),$

где y — АЭ, мкмоль/(л ч) α -нафтола, x_1 — температура воды, °C; x_3 — водородный показатель pH; x_5 — концентрация аммонийного азота, мг/л; x_6 — концентрация фенолов, мг/л; x_7 — содержание общего фосфора, мг/л; x_8 — численность фито-планктона, тыс. кл./мл; x_9 — численность бактериопланктона, млн кл./мл.

ВЫВОДЫ

Таким образом, модельные эксперименты и исследования на приводных водных экосистемах показали, что активность внеклеточных эстераз сестона является информативным показателем для оценки качества вод загрязнением фенольными соединениями в диапазоне от 2 до 50 мкг/л, эффект воздействия которых, длится до 6 суток и могут быть использованы для оценки экологического состояния водных экосистем в экологическом мониторинге. Канонический анализ показал, что математически состояние водной экосистемы можно описать с помощью АЭ, а также комплексом гидрохимических показателей.

В связи с тем, что показатели активности эстераз являются показателями интенсивности метаболизма гидробиоценозов, а метод определения показателей активности эстераз, отличается от других методов, используемых в сети Росгидромета, простотой определения и высокой информативностью, то на сегодняшний день применение данного метода в мониторинге качества вод, особенно в полевых условиях является актуальным.

Автор выражает благодарность за предоставленные данные ст. научным сотрудником ФГБУ “Гидрохимический институт” Росгидромета г. Ростов-на-Дону Предеиной Л.М.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Янкавичюс К.К., Баранаускаене А.Ю., Грибаускаене В.Ю., Маламене Б.А., Янкавичюте Г.Ю., Мажейкайте С.И. Развитие планктонных организмов пресноводной экосистемы под влиянием низких концентраций нефтепродуктов. Экспериментальная водная токсикология. Рига: Знатьне, 1976. Вып. 6. С. 84–93.
2. Янкавичюс К.К., Грибаускаене В.Ю., Баранаускаене А.Ю., Янкавичюте Г.Ю., Ямонтене М.М. Влияние различных доз нитрозолмочевины на активность экстраклеточных гидролитических ферментов планктонных организмов. Экспериментальная водная токсикология. Рига: Знатьне, 1976. Вып. 6. С. 95–104.
3. Aaronson S., Patni N.J. The role of surface and extracellular phosphatases in the phosphorus requirement of *Ochromonas*. Limnol. Oceanogr. 1976. V. 21. P. 838–845.
4. Alderdice D.F., Rao T.K., Rosenthal H. Osmotic responses of eggs and larvae of the Pacific herring to salinity and cadmium. Helgol. Wiss. Meeresunters. 1979. Bd 32. № 4. S. 508–538.
5. Anderson T., Forlin L. Biochemical and physiological disturbans in fish in-helting coastal waters polluted with Bleached Kraft mill effluents // Mar. Environ. Res. 1988. V. 4. № 1–4. P. 233–236.
6. Bayne B.L., Brown D.A., Burns K., Dixon D.K. et al. The Effects of Stress and Pollution on Marine Animals. N.Y.: Prager Publishers, 1985. 384 p.
7. Костяева В.Я., Бакулина А.Г. Интенсивность распада фенола в р. Волге и ее притоках. Биология внутренних вод. Информационный бюллетень. № 15. Ленинградское отделение. Л.: Наука, 1972. С. 60–63.
8. Molander S., Hishek H. Effects of 4, 5, 6 Trichlorog uacol of Periphyton Communities from Water Mesocosms // Water Sci. and Technol. 1988. V. 20. № 2. P. 193–196.
9. Jansson M. Phosphatases in the Koukkel lakes. In Progress Report from the Kuokkel project 4. Institute of Limnology, Uppsala. Sweden, (in Swedish). 1975. P. 119–131.
10. Бейсуг О.И., Предеина Л.М. Методология и методы оценки состояния водных экосистем / Глобальная ядерная безопасность. 2014. № 1 (10). С. 5–9.
11. Баштан Ф.А., Несмеянов С.А., Чистяков Г.К. Допустимые концентрации ядовитых веществ в водоемах. Под общей ред. проф. А.Н. Сынина; Центр. н.-и. ин-т коммунал. гигиены. Москва; Ленинград: Госстройиздат, 1941 (Ленинград). 56 с.
12. Веселов Е.А. Токсическое действие фенолов на рыб и водных беспозвоночных. Уч. зап. Петрозаводск. унив., 1956. VII, 3.
13. Семенова Л.М. Токсическое действие фенола на некоторых ракообразных / Биология внутренних вод. Информационный бюллетень. Ленинградское отделение. Л.: Наука, 1972. № 13. С. 31–33.
14. Бейсуг О.И. Актуальность применения показателей применения активности щелочной фосфатазы и эстераз сестона в мониторинге водных экосистем / Глобальная ядерная безопасность. 2019. № 4 (33). С. 7–17.
15. Предеина Л.М. Методы определения активности внеклеточных эстераз и щелочной фосфатазы сестона и возможности их использования для оценки уровня евтрофирования и загрязнения пресноводных экосистем: Автореферат дисс. ... канд. хим. наук. Ростов н/Д. 1992 г.
16. Бейсуг О.И. Индикация качества воды в дельте Дона и малых реках Ростовской области на основе показателей активности щелочной фосфатазы и эстераз сестона: дис. канд. географ. наук / О.И. Бейсуг. Ростов-н/Д., 2007. 133 с.

On the Effect of Certain Concentrations of Phenols on the Activity Indicators of Seston Esterases in Model and Natural Ecosystems

O. I. Beisug[#]

Volgodonsk Engineering–Technical Institute, National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Volgodonsk, Rostov-on-Don oblast, 347360 Russia

[#]*e-mail: beisug@rambler.ru*

Received February 28, 2021; revised March 11, 2021; accepted March 12, 2021

Abstract—The effect of monophenol on the activity of seston esterases has been simulated. The experiments have been carried out on natural water from the Don river in aquariums where phenol concentrations of 0.02, 0.010, 0.020, and 0.050 mg/l are added. One aquarium is a control tank. Changes in the activity of esterases under the influence of phenol concentrations 0.02, 0.010, 0.020 0.050 mg/l have been analyzed in model experiments and in studies performed on the site of the Seversky Donets river near the Lisichansk city. A canonical and regression analysis has been performed between the activity of extracellular seston esterases and hydrochemical parameters and phenolic compounds. It has been found that in model experiments and studies on drive aquatic ecosystems, the activity of extracellular seston esterases is an informative indicator for assessing the quality of water contaminated with phenolic compounds in the range from 2 to 50 µg/l, the effect of which lasts up to 6 d. +++The regression analysis has shown that the extracellular esterase activity in the section of the Seversky Donets river is predicted by a complex of chemical components consisting of phenols and biogenic substances, as well as by the temperature. The canonical analysis has shown that the state of the aquatic ecosystem can be mathematically described using activity of seston esterases', as well as a complex of hydrochemical indicators. Accordingly, indicators of extracellular esterase activity can be used to assess the ecological state of aquatic ecosystems in environmental monitoring.

Keywords: phenols, phenolic compounds, ecological state, activity of extracellular seston esterases, aquatic ecosystems, model experiments, natural ecosystems, assessment of the ecological state of aquatic ecosystems, environmental monitoring, pollution of aquatic ecosystems, pollutants

DOI: 10.1134/S2304487X21010041

REFERENCES

1. Yankavichyus K.K., Baranauskene A.Yu., Gribauskene V.Yu., Malamene B.A., Yankavichyute G.Yu., Majeikaite S.I. Razvitie planktonnih organizmov presnovodnoi ekosistemi pod vliyaniem nizkikh koncentracii nefteproduktov. [The development of planktonic organisms in the freshwater ecosystem under the influence of low concentrations of oil products]. *Ekspertimentalnaya vodnaya toksikologiya*. Riga: Noble. 1976, no. 6, pp. 84–93. (in Russian)
2. Yankavichyus K.K., Gribauskene V.Yu., Baranauskene A.Yu., Yankavichyute G.Yu., Yamontene M.M. Vliyaniye razlichnih doz nitrozolmochevini na aktivnost ekstrakletochnih gidroliticheskikh fermentov planktonnih organizmov. [Influence of different doses of nitrosolurea on the activity of extracellular hydrolytic enzymes of planktonic organisms]. *Experimental aquatic toxicology*. Riga: Noble. 1976, no. 6, pp. 95–104. (in Russian)
3. Aaronson S., Patni N. J., 1976. The role of surface and extracellular phosphatases in the phosphorus requirement of *Ochromonas*. *Limnol. Oceanogr.* 1976, vol. 21, pp. 838–845.
4. Alderdice D.F., Rao T.K., Rosenthal H. Osmotic responses of eggs and larvae of the Pacific herring to salinity and cadmium. *Helgol. Wiss. Meeresunters.*, 1979, Bd 32, no. 4, pp. 508–538.
5. Anderson T., Forlin L. Biochemical and physiological disturbances in fish in-helting coastal waters polluted with Bleached Kraft mill effluents. *Mar. Environ. Res.* 1988, vol. 4, no. 1–4, pp. 233–236.
6. Bayne B.L., Brown D.A., Burns K., Dixon D.K. et al. The Effects of Stress and Pollution on Marine Animals. N.Y.: *Prager Publishers*, 1985, 384 p.
7. Kostyaeva V.Ya., Bakulina A.G. Intensivnost raspada fenola v r. Volge i ee pritokah. [Intensity of phenol decomposition in the Volga River and its tributaries]. *Biologiya vnutrennih vod. Informacionniy byulleten*. no. 15 – Leningradskoe otdelenie. Leningrad, Nauka Publ., 1972, pp. 60–63. (in Russian)
8. Molander S., Hishek H. Effects of 4, 5, 6 Trichlorog uacols of Periphyton Communities from Water Mesocosms. *Water Sci. and Technol.* 1988, vol. 20, no. 2, pp. 193–196.
9. Jansson M., 1975. Phosphatases in the Koukkel lakes. *In Progress Report from the Kuokkel project* 4. pp. 119–

131. Institute of Limnology, Uppsala. Sweden, (in Swedish).
10. Beisug O.I., Predeina L.M. Metodologiya i metodi ocenki sostoyaniya vodnih ekosistem. [Methodology and Methods for Assessing the Status of Aquatic Ecosystems]. *Globalnaya yadernaya bezopasnost*. 2014, no. 1 (10), pp. 5–9.
11. Bashtan F.A., Nesmeyanov S.A., Chistyakov G.K. Dopushtimie koncentracii yadovitykh veshchestv v vodoemakh. [Permissible concentrations of toxic substances in reservoirs-Moscow]. Pod obschei red. prof. A. N. Sisina; *Centr. n.-i. in-t kommunal. gigien*. Moskva; Leningrad, Gosstroizdat, 1941 (Leningrad). 56 p.
12. Veselov E.A. Toksicheskoe deistvie fenolov na rib i vodnih bespozvonochnykh. [Toxic effect of phenols on fish and aquatic invertebrates]. *Uch. zap. Petrozavodsk. univ.*, 1956. VII, 3.
13. Semenova L.M. Toksicheskoe deistvie fenola na nekotorykh rakoobraznykh. [Toxic effect of phenol on some crustaceans]. *Biologiya vnutrennykh vod. Informatsionnyi byulleten. Leningradskoe otdelenie*. Leningrad, Nauka Publ., 1972, no. 13, pp. 31–33.
14. Beisug O.I. Aktualnost primeneniya pokazatelei primeneniya aktivnosti shelochnoi fosfatazi i esteraz sestona v monitoringe vodnykh ekosistem. [Relevance of the application of indicators of the use of alkaline phosphatase and seston esterases in the monitoring of aquatic ecosystems]. *Globalnaya yadernaya bezopasnost*. 2019, no. 4 (33), pp. 7–17.
15. Predeina L.M. *Metodi opredeleniya aktivnosti vneklletochnykh esteraz i shelochnoi fosfatazi sestona i vozmozhnosti ikh ispolzovaniya dlya ocenki urovnya evtrofirovaniya i zagryazneniya presnovodnykh ekosistem. Avtoreferat diss. ... kand. him. nauk*. [Methods for determining the activity of extracellular esterases and alkaline phosphatase of seston and the possibility of their use for assessing the level of eutrophication and pollution of freshwater ecosystems]. Rostov n/D, 1992.
16. Beisug O.I. *Indikatsiya kachestva vodi v delte Dona i malikh rekakh Rostovskoi oblasti na osnove pokazatelei aktivnosti shelochnoi fosfatazi i esteraz sestona*. Diss. kand. geograf. 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]. Rostov n/D., 2007. 133 p.