



УДК 574.64

ОПЕРАТИВНЫЙ БИОТЕСТ НА ПОВЫШЕННОЕ СОДЕРЖАНИЕ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОДАХ

Мошненко Кирилл Иванович, магистрант 1 курса группы ЭБ24-06М кафедры экологии и природопользования

ФГБОУ ВО «Сибирский федеральный университет».

660041, г. Красноярск, Свободный просп., 79, стр. 4.

Григорьев Юрий Сергеевич, доцент, к.б.н., профессор кафедры экологии и природопользования

ФГБОУ ВО «Сибирский федеральный университет».

660041, г. Красноярск, Свободный просп., 79, стр. 4.

Аннотация: В статье рассматривается проблема контроля содержания биогенных элементов в водных объектах. Установлено, что водоросль хлорелла может активно расти в природных и сточных водах без внесения дополнительных питательных веществ. Величину этого роста можно использовать в качестве показателя избыточного содержания биогенных элементов в этих водах как условия последующей эвтрофикации.

Ключевые слова: биотестирование, природные и сточные воды, биогенные элементы, эвтрофикация вод, водоросль хлорелла.

Если в водные объекты поступает избыточное количество биогенных элементов, таких как соединения азота и фосфора, под действием антропогенных или естественных факторов, то в них развивается процесс эвтрофикации. В результате этого в водном объекте может начаться цветение воды вследствие активизации роста фитопланктона. После цветения, когда образовавшаяся биомасса водорослей начинает отмирать, на ее окисление расходуется много растворенного кислорода, тем самым ухудшается качество воды. Снижение концентрации растворенного кислорода в водных объектах, уменьшение прозрачности воды и образование токсичных соединений приводят к замору рыбы и других живых организмов. Это вызывает нарушение естественной экосистемы водных объектов и ухудшает санитарно-гигиенические качества воды [1].

Сама по себе эвтрофикация является естественным этапом в жизни водоема, но темпы ее проявления достаточно медленные. Однако в результате хозяйственной деятельности человека и других видов воздействия на природные экосистемы, приводящих к росту содержания биогенных элементов, происходит значительное ускорение темпов эвтрофикации водоемов [2].

Некоторое время назад нами был предложен оперативный метод оценки присутствия в воде биогенных элементов посредством измерения роста водоросли, внесенной в пробы природной воды без добавления в них питательной среды [3]. В предлагаемой работе рассмотрены результаты апробации этого метода посредством сравнения роста тест-культуры водоросли хлорелла в сточных и природных водах.

В качестве тест-организма использовалась культура водоросли *Chlorella vulgaris* Beijer. Водоросль выращивалась в культиваторе КВ-06 в соответствии с методикой [4].

Оценка присутствия в пробах воды биогенных элементов проводилась по росту внесенной в них тест-культуры водоросли хлорелла. Для отделения хлореллы от питательной среды клетки водоросли осаждались центрифугированием и затем ресуспендировались в дистиллированной воде. Отмытая культура вносилась для засева в дистиллированную воду, в 2% среду Тамия (контроль) и в пробу тестируемой воды различного разбавления.

Прирост тест-культуры определялся по увеличению оптической плотности суспензии водоросли, величина которой пропорциональна численности клеток в растущей культуре. После засева ее начальная оптическая плотность составляла 0,005 единиц. Образцы со всеми вариантами опыта с пробой воды помещали в культиватор КВМ-05 на 22 часа для выращивания в них клеток хлореллы в одинаковых условиях. По завершению эксперимента измерялась оптическая плотность суспензии водоросли на приборе ИПС-03. Химический анализ проб проводился в центре коллективного пользования СФУ.

Для исследования природных вод были взяты пробы воды рек Енисей и Кача в черте г. Красноярска (рис. 1).

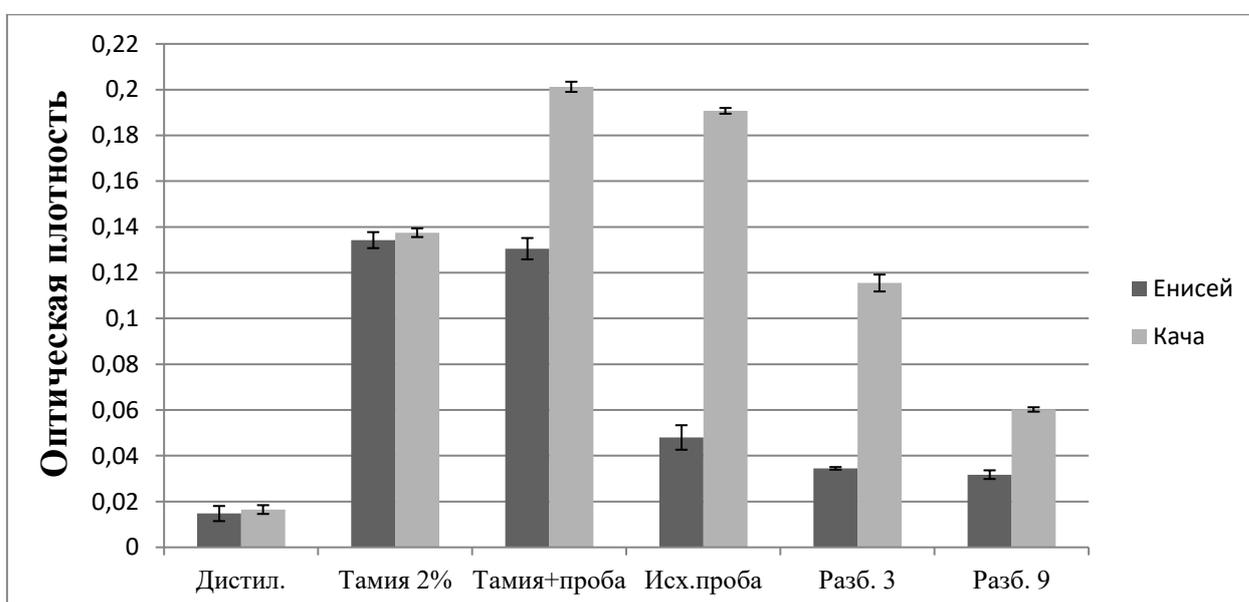


Рис.1. Оптическая плотность суспензии водоросли после выращивания в течение 22 часов в пробах из рек Енисей и Кача при разбавлении в 3 и 9 раз.

По сравнению с контрольным вариантом (среда Тамия), в дистиллированной воде прирост был незначительным, что указывает на малое содержание биогенных элементов в инокулянте водоросли.

В пробе воды небольшой реки Кача, протекающей через г.Красноярск, наблюдался активный рост водоросли, который превышал прирост в контроле и сохранялся на высоком уровне после разбавления пробы. Активный рост водоросли в пробе этой реки свидетельствует о большом содержании в ней питательных веществ. Более высокий показатель прироста в пробе относительно контрольного варианта также может указывать на присутствие в воде легкодоступной органики, вызывающей переход водоросли на миксотрофный тип питания.

В образце воды из р. Енисей прирост культуры водоросли был существенно ниже контрольного варианта, однако превышал прирост в варианте с дистиллированной водой. Внесение питательных элементов в исходную пробу воды р. Енисей (рис. 1, вариант «Тамия+проба») вызывало увеличение прироста культуры до уровня, характерного для контрольного варианта. Полученные данные свидетельствуют о присутствии в пробе воды р. Енисей небольшого количества биогенных элементов.

О различном содержании биогенных элементов в воде двух рек свидетельствуют и результаты проведенного химического анализа (табл. 1).

Таблица 1

Результаты химического анализа проб воды рек Енисей и Кача

Проба	Содержание аниона, мг/дм ³					Перманганатная окисляемость, мг/дм ³
	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	СГ	
р. Енисей	0,42±0,05	<0,1	0,56±0,07	1,0 ±0,1	2,2±0,3	1,0 ± 0,1
р. Кача	3,4±0,4	<0,1	1,0±0,2	59,0±8	13,0±1,7	1,6 ± 0,1

Результаты исследования проб Майнского водохранилища, находящегося на р. Енисей сразу после Саяно-Шушенской ГЭС, представлены на рисунке 2 и в таблице 2. В это водохранилище поступают воды с очистных сооружений пгт. Черемушки (Красноярский край). Поэтому представляло интерес оценить степень эвтрофикации вод водохранилища выше и ниже выпуска этих сточных вод.

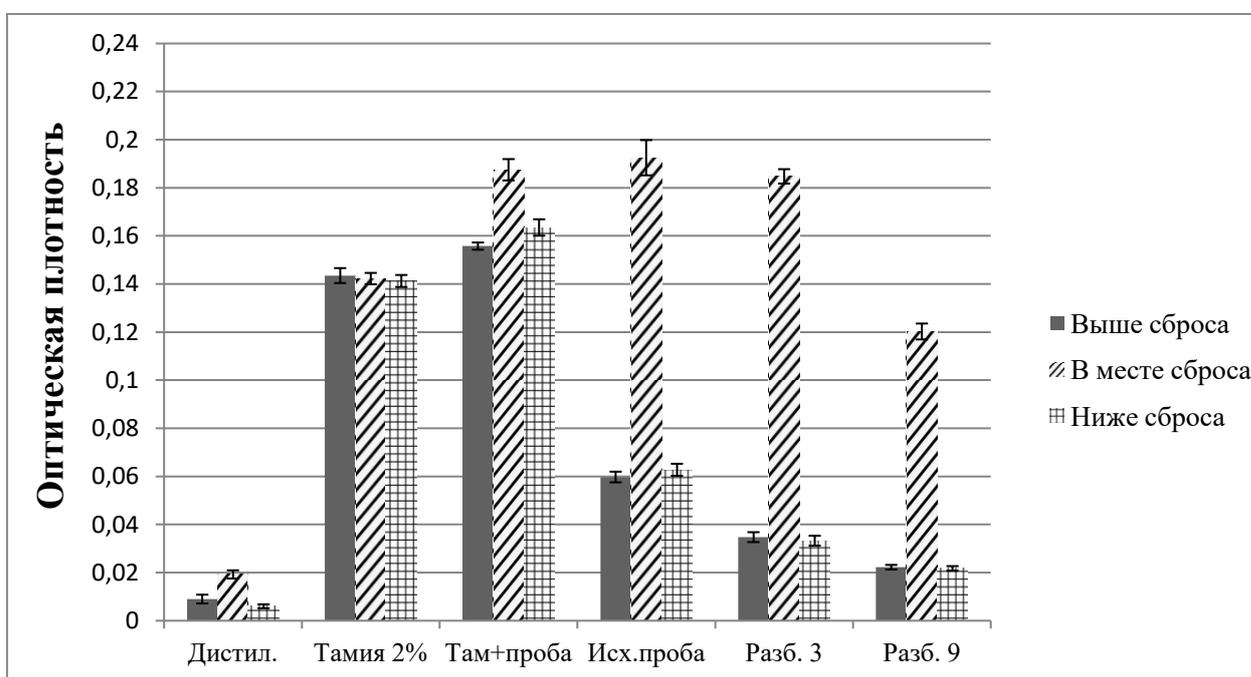


Рис.2. Оптическая плотность суспензии водоросли после 22 часов выращивания в пробах, отобранных в водохранилище в месте выпуска вод очистных сооружений пгт. Черемушки в Майнское, а также выше и ниже на 500 м от него

Полученные данные показывают, что в пробе воды, взятой выше и ниже места выпуска с очистных сооружений, рост водоросли был существенно ниже, чем в контрольной среде. В пробе воды с места сброса сточных вод наблюдался значительный рост водоросли, который сохранялся и после разбавления пробы в 9 раз. Это вызвано тем, что в пробе с места сброса сточных вод количество нитратов, фосфатов и ионов аммония в разы больше, чем в пробах ниже и выше сброса сточных вод (табл. 2). При этом благодаря тому, что объем сточных вод несравнимо меньше объема разбавляющих вод водохранилища, рост водоросли и, следовательно, содержание биогенных элементов в воде ниже выпуска быстро падает до фонового уровня.

Низкий прирост культуры водоросли в пробах выше и ниже сброса вод с очистных сооружений в Майнское водохранилище в целом соответствует результатам биотестирования проб воды р. Енисей в черте г. Красноярска (рис. 1). Внесение

питательных элементов в исходные пробы воды Майнского водохранилища также вызывало увеличение прироста водоросли (рис. 2). Это свидетельствует о невысоком уровне содержания биогенных элементов в исследуемых пробах, что подтверждается результатами химического анализа проб (табл. 2).

Рост водоросли в варианте с внесением питательных веществ в исходную пробу был больше контроля на 30%, что может говорить о том, что в этих пробах содержатся органические вещества, которые могут стимулировать рост водоросли.

Таблица 2

Результаты химического анализа проб Майнского водохранилища выше и ниже места выпуска очистных сооружений

Проба	Содержание аниона, мг/дм ³					Содержание ионов аммония, мг/дм ³	Перманганатная окисляемость, мг/дм ³
	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻		
Выше выпуска	0,8±0,1	<0,1	<0,1	4,8±0,6	0,7±0,1	0,25±0,076	5,29±0,53
В месте выпуска	2,4±0,3	<0,1	2,2±0,3	8,7 ±1,1	16,6±2,2	13±3,9	7,85±0,78
Ниже выпуска	0,9±0,1	<0,1	<0,1	5,0±0,6	0,6±0,1	3,8±1,1	5,13±0,51

На рисунке 3 представлен анализ проб вод с очистных сооружений с. Краснотуранск Красноярского края, а в таблице 2 химический анализ этих проб.

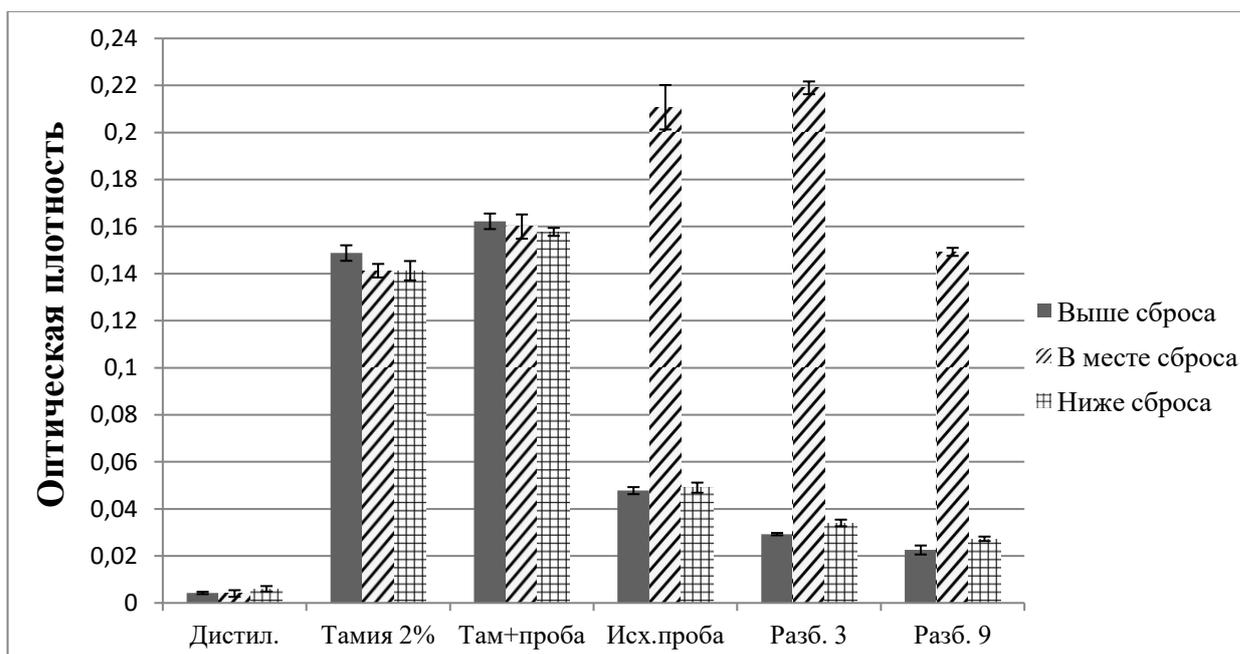


Рис.3. Оптическая плотность суспензии водоросли после 22 часов выращивания в пробах отобранных в водохранилище в месте выпуска вод очистных сооружений с. Краснотуранск, а так же выше и ниже на 500 м от него

Результаты исследования сточных проб с очистных сооружений с. Краснотуранск, выпускаемых в Красноярское водохранилище, схожи с полученными на пробах Майнского водохранилища: в образцах с места выпуска сточных вод наблюдается активный рост тест-культуры, а ниже по течению прирост водоросли в пробе также снижается до фонового уровня.

Данные химического анализа Краснотуранских проб (табл. 3) тоже близки анализу проб Майнского водохранилища: в пробе, отобранной вблизи выпуска вод с очистных сооружений концентрация нитратов, фосфатов и ионов аммония значительно превышает таковые в пробах, отобранных выше и ниже этого места

Таблица 3

Результаты химического анализа проб воды Красноярского водохранилища выше и ниже места выпуска вод с очистных сооружений пос. Краснотуранск

Проба	Содержание аниона, мг/дм ³					Содержание ионов аммония, мг/дм ³	Перманганатная окисляемость, мг/дм ³
	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻		
Выше выпуска	0,5±0,1	<0,1	<0,1	5,2±0,7	1,1±0,2	3,11±0,93	3,32±0,33
В месте выпуска	6,4±0,8	<0,1	1,7±0,2	62±8	20,7±2,7	20,3±6,1	9,03±0,90
Ниже выпуска	0,5±0,1	<0,1	<0,1	5,5±0,7	1,6±0,2	0,28±0,084	2,96±0,30

Таким образом, проведенные исследования показывают, что по росту водоросли хлорелла в пробах природных и сточных вод можно судить об уровне присутствия в них биогенных элементов. В отличие от химико-аналитического контроля содержания этих веществ в водах, предлагаемый биологический метод позволяет оперативно оценивать весь комплекс благоприятных условий, обеспечивающих развитие фитопланктона в природных водах. На основе этих данных представляется возможным прогнозировать развитие процесса эвтрофикации водных объектов.

Список литературы:

1. Немонов, Д. В. Проблемы эвтрофикации водохранилищ (водоемов) и пути их решения / Д. В. Немонов // Прогрессивные технологии развития: сб. материалов 12-ой Всерос. науч.-практ. конф. СПб. – 2018. – С. 228–231.
2. Педько, А. Д. Антропогенное эвтрофирование / А. Д. Педько, К. В. Дорошенко, Г. Г. Боровик // Colloquium-Journal. – 2021. – № 23 (110). – С. 4–5.
3. Григорьев Ю. С., Лазукова А. С. Водоросль хлорелла в комплексной оценке качества природных и сточных вод // Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы : материалы VII Всерос. Конф. по водной экотоксикологии. Ярославль: Филигрань, 2020. С 39-42.
4. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04 / Т 16.1:2:2.3:3.7-04. Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления. М., 2004. 36 с.

RAPID BIOASSAY OF EXCESS NUTRIENTS IN NATURAL AND WASTEWATER

Kirill I. Moshnenko, Yury S. Grigoriev,

Abstract. The problem of controlling the content of nutrients in water bodies is considered. An active growth of chlorella in natural and wastewater without introduction of additional nutrients is shown. This growth value can be used as an indicator of the excessive enrichment of aquatic ecosystems with nutrients which may result in eutrophication.

Keywords: bioassay, natural and wastewater, nutrients, eutrophication of water, chlorella algae.

