

**ОТЗЫВ официального оппонента**  
**на диссертацию на соискание ученой степени**  
**кандидата биологических наук Лазаревой Анны Максимовны**  
**на тему: «Экотоксическое действие соединений и материалов различной**  
**природы при изменении условий аьготестирования»**  
**по специальности 1.5.16. Гидробиология**

**Актуальность избранной темы.**

В своей диссертационной работе автор поднимает важную методологическую проблему гидробиологического мониторинга – влияние условий биотестирования на корректность (достоверность) оценивания токсичности загрязняющих природные водоемы веществ с учетом появления новых токсикантов, в том числе, в виде наноматериалов. В лабораторных опытах автор показала изменение биологического действия ряда химических веществ и природных наноматериалов в зависимости от времени суток на момент добавки токсиканта в исследуемый субстрат. Экспериментально обосновала необходимость строгого контроля начальной плотности популяции, возраста культуры и ряда других экспериментальных параметров. С одной стороны, можно согласиться с автором о необходимости постоянного усовершенствования параметров биотестирования (с. 6). С другой стороны, важной задачей нормирования и методических указаний в системе мониторинга является стандартизация подходов тестирования и минимизация ресурсов (энергозатрат) с целью получения максимально быстрого и точного результата токсичности исследуемого вещества.

Помимо методологической составляющей, работа носит исследовательский характер. Автором получены убедительные доказательства токсичности образцов пластика, отобранных в Баренцевом море и протестированных в лабораторных условиях в измельченном до макро- и наносостоянии. Автором изучено совместное действие пластика и других загрязняющих веществ и предложены адекватные модели для анализа и расчета потенциального риска такого воздействия на водоемы.

## **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.**

В своей работе диссертантка продемонстрировала достаточные знания в области гидробиологии, водной экотоксикологии, физиологии растений, биохимии и других междисциплинарных отраслей, что позволило ей грамотно спланировать и провести экспериментальную и расчетную части работы, сформулировать выводы и положения, выносимые на защиту. Согласно полученным соискателем данным, токсичность эталонного токсиканта бихромата калия напрямую зависела от времени начала эксперимента и отличалась в четыре раза при утреннем и вечернем тестировании. При низкой изначальной плотности популяции токсичность целого ряда исследуемых автором веществ была выше в связи с большим количеством адсорбированного клеткой токсиканта и падала при увеличении плотности клеток в экспериментальной среде в связи с «уменьшением количества сорбированного токсиканта на клетку» и за счет «быстрого истощения питательных веществ в среде». При этом диссертантка наблюдала разную токсичность макро- (18 – 200 мкм) и наночастиц пластика (100 нм) в силу разной способности адсорбироваться на поверхности одноклеточных водорослей. Даны рекомендации по использованию в биотестировании морских (слабосоленых) вод конкретных видов пресноводных водорослей, удобных и легких для культивирования в лабораторных условиях.

Для доказательства сделанных выводов и положений, выносимых на защиту, автором подобран соответствующий цели и задачам экспериментальный материал – культуры пресноводных зеленых хлорококковых водорослей *Scenedesmus quadricauda* и *Monoraphidium arcuatum*, которые культивировали на среде Успенского в режиме освещенности 12:12 и *Chlorella vulgaris*, которую культивировали на среде Тамия, а также диатомовую водоросль *Thalassiosira weissflogii*, которую культивировали на среде Гольдберга-Кабановой. Средний размер водорослей составлял от 2 до 30 мкм. Применены классические и современные методы биотестирования природных вод – оценка прироста численности микроводорослей, эффективность фотосинтеза и оценка окислительного стресса по изменению ТБК-показателя, максимальному квантовому

выходу фотохимии ФСП, соотношению живых и мертвых клеток, а также изменению размеров клеток и клеточных ценобиов в популяции. Для статистической обработки использованы критерии Манна-Уитни и Стьюдента. Проведены расчеты на множественное сравнение по критерию Даннета.

Считаю важным подчеркнуть хорошее владение диссертанткой научным языком, умение анализировать источники литературы, что способствовало грамотному обоснованию полученных результатов. Список литературы содержит 218 наименований, в том числе 171 на иностранном языке. В достаточном количестве представлена литература последних лет.

**Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.**

Диссертационная работа Лазаревой Анны Максимовны является самостоятельным научным исследованием, отличающимся современными методологическими подходами к решению поставленных задач и значительным объемом проделанной работы. Автор констатировала, что обработала 3240 проб и провела более 12 тыс. измерений.

В диссертации изучен широкий спектр биологических эффектов действия значимых токсикантов природных водоемов, в том числе наночастиц пластика в комбинации с другими токсикантами. Многие из представленных результатов получены впервые, отмечу некоторые. Впервые обнаружено, что токсичность вещества для одноклеточных зеленых водорослей выше в утренние часы. Впервые использованы пресноводные виды микроводослей *S. quadricauda* и *M. arcuatum* для биотестирования соленых вод. Сопоставлены результаты биотестирования, выполненные на природной и искусственной воде.

**Значимость для науки и практики полученных результатов.**

Полученные диссертанткой предложения по корректировке спектра контролируемых параметров биотестирования частично можно принять во внимание. Наиболее убедительные доводы приведены в пользу следующих параметров: время суток на момент добавки токсиканта, плотность популяции и возраст культуры.

## **Содержание диссертации.**

Диссертационная работа имеет стандартную структуру, состоит из введения, обзора литературы, главы материалы и методы, результаты и их обсуждение, заключения, выводов, списка литературы и приложений.

Во введении лаконично и четко дано обоснование актуальности исследуемой проблемы, показана степень ее проработанности, сформулированы цель и задачи, а также положения, выносимые на защиту.

В главе «Обзор литературы» автором проведен анализ известных методов и контролируемых параметров при оценке токсичности соединений разной природы для планктонных организмов.

В главе «Материалы и методы» дано подробное описание тест-организмов, используемых в работе токсикантов и их комбинаций. Приведены схемы экспериментов.

Глава «Результаты и обсуждение» дает представление о полученных в диссертационной работе экспериментальных данных. Статистическая обработка результатов проведена лично автором.

## **Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации.**

Диссертация Лазаревой Анны Максимовны представляет теоретическую и практическую ценность, а автор показала себя состоявшимся научным исследователем. Диссертационная работа носит теоретический и прикладной характер, является оригинальным, самостоятельным исследованием, вносящим вклад в решение фундаментальных и практических задач.

**К замечаниям и вопросам** по диссертационной работе можно отнести следующее.

1. Одним из факторов, который предлагает учитывать диссертантка, является время суток постановки эксперимента. Если говорить о циркадном ритме только для усиления чувствительности метода, то вполне достаточно параллельно ставить контроль и опыт и анализировать значимость отличия. Если цель, обнаружить наиболее токсикочувствительный фоторецептор микроводоросли и с ним работать, то стоит ли «утяжелять» систему биомониторинга столь специфическими тестами?

2. Диссертантка экспериментально обосновала правомерность рекомендовать внесение в методические указания биотестирования на водорослях постановку утренних экспериментов. Насколько эта рекомендация может быть унифицирована? Например, если ловить циклы выхода в митоз, можно попасть на время суток, не комфортное для экспериментатора. Возможно, с точки зрения методологии, было бы интереснее подобрать дополнительные условия (пищевые добавки, смещение светового режима и др.), которые стимулировали бы фиксированный выход в нужную фазу? Рассматривала ли диссертантка такую технологию? Если да, то, какое решение, кроме постановки эксперимента в утренние часы, можно предложить на основе полученных в диссертации данных?

3. Согласно полученным данным, изменение численности клеток *C. vulgaris* и *S. quadricauda* при разных добавках токсикантов кардинально отличается. Автор пишет про стимуляцию роста хлореллы в ответ на стресс в опыте с нанопластиком (НП) и слабое угнетение при воздействии метиленовым синим (МС). В отличие от этого рост *Scenedesmus* не угнетался НП, но значительно подавлялся МС (рис. 21 и 22). Автор объясняет разницу в ответной реакции двух видов микроводорослей «их видовой спецификой, условиями культивирования, разными размерами и морфологией клеток». Почему диссертантка выбрала для сравнения вышеуказанные виды, для которых в экотоксикологических нормативах приняты острый на хлорелле (24 и 48 ч) и хронический (3 – 14 сут) на сценедесмусе тесты? И второе, размер клеток находится в пределах 2–12 мкм у *C. vulgaris* и 2–12×8–36 мкм с учетом ценобиев у *S. quadricauda*. Каким образом незначительная разница в размере может кардинально менять наблюдаемый в диссертации эффект у данных видов?

4. Диссертантка подняла большой пласт литературы, работа содержит достаточно цитирований и ссылок. При этом в тексте много предположений автора, напрямую не вытекающих из полученных результатов. Например, эффект токсичности золы автор не выявила, но тем не менее предположила, что «микропластик может нарушить популяцию микроводорослей за счет сокращения доступных питательных веществ, подавления первичных потребителей или выступая в качестве субстрата». Ни одно из вышеперечисленных предположений не

анализировалось в данной работе. Таких предположений много по всему тексту (про разницу в токсичности пластика за счет более высокой токсичности продуктов окисления токсиканта, потерю токсических веществ при сжигании (выделились и улетучились) или отсутствия пластика в пробах золы и др.).

5. Улучшение роста *S. quadricauda* к концу хронического эксперимента при комбинированном воздействии нанопластика и меди автор связывает «с адаптацией культуры к токсиканту или адсорбцией металла на НП и его частичного ухода из водной фазы». Считает ли автор, что токсичность пластика напрямую связана с адсорбцией тяжелых металлов или других загрязняющих веществ на его поверхности? Как это подтверждено в диссертации?

6. В списке литературы российские источники в большинстве своем представлены публикациями сотрудников лаборатории, в которой выполнялась диссертационная работа, что показывает недостаточную осведомленность автора о работах отечественных исследователей в данной области. Из 47 русскоязычных публикаций 20 статей являются цитированием коллег по лаборатории или самоцитированием.

В целом диссертация написана хорошим научным языком. Все замечания и вопросы, сформулированные выше, не умоляют высокий технический и научный уровень работы и демонстрируют полученные соискателем практические и теоретические навыки.

#### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.**

Диссертационная работа Лазаревой Анны Максимовны по теме «Экотоксическое действие соединений и материалов различной природы при изменении условий альготестирования» является законченным научно-квалификационным исследованием, в котором на основании полученных автором результатов разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, имеющее значение для дальнейшего развития фундаментальных и прикладных исследований в области гидробиологии.

Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.5.16. Гидробиология (по биологическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1 – 2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

На основании всего вышеизложенного считаю, что соискатель **Лазарева Анна Максимовна** заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.16. Гидробиология.

**Официальный оппонент:**

Доктор биологических наук, профессор,  
профессор каф. фундаментальной медицины  
федерального государственного  
автономного образовательного учреждения  
высшего образования «Национальный  
исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Сарапульцева Елена Игоревна**

*07.04.26*

**Контактные данные:**

тел.

e-mail:

Специальность, по которой официальным оппонентом  
защищена диссертация: 1.5.1 – радиобиология

Адрес места работы:

115409, Москва, Каширское ш, д.31,

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский  
ядерный университет «МИФИ»

Тел./факс: