

Сведения о выполненных работах 2020 году

по проекту **«Разработка технологии раннего обнаружения опасных экологических ситуаций в водных акваториях посредством мониторинга поведенческих реакций планктона с помощью погружных цифровых голографических камер»**,
поддержанному Российским научным фондом

Соглашение № 20-17-00185

Руководитель: Дёмин Виктор Валентинович, канд. физ.-мат. наук

В рамках реализации проекта разработана методика «Методика регистрации поведенческого ответа зоопланктона с помощью ДНС». Методика основана на регистрации изменений поведенческих реакций зоопланктона при контаминации водной среды токсикантами и поллютантами и устанавливает порядок и режим регистрации поведенческого ответа с помощью цифровой голографической камеры (ДНС) в лабораторных условиях с использованием в качестве тест-организмов низших ракообразных *Daphnia magna* Straus, *Daphnia Pulex* и *Cyclopida* и подобных.

Проведена модернизация аппаратной части ДНС для регистрации поведенческого ответа зоопланктона в части оснащения установки многоволновым излучателем, повышения качества иллюминаторов, изготовления многоканальной и многофункциональной системы управления излучением и доработки программного обеспечения.

Осуществлена модернизация программной части гидробиологического зонда ЭО АПК-Э с целью извлечения информации о поведенческой реакции планктона. В программу были добавлены блоки, обеспечивающие расчет параметров, характеризующие жизнедеятельность планктона (для всех частиц и по таксонам) при фототропной реакции на одинарный и двойной уровни аттракторного излучения: средняя общая скорость; средняя вертикальная скорость в направлении излучателя в последней от регистратора голограмм четверти предметного пучка (рассматривается осевая схема со сложной конфигурацией рабочего пучка); средняя горизонтальная скорость; прирост количества (последней от регистратора голограмм четверти предметного пучка) в процессе воздействия аттракторного освещения.

Создан исследовательский стенд для лабораторных исследований стенд в составе: лабораторный аквариум с объемом около 90 л, ДНС камера, модельный судовой компьютер. Параметры излучения, реализованные в эксперименте: длина волны регистрирующего излучения 650 нм, максимальный уровень мощность 20,3 мВт, длина волны аттракторного света 532 нм, близка к локальному максимуму спектра отражения микроводорослей хлореллы, максимальный уровень мощности 9,6 мВт. Приведена мощность излучения на выходе из иллюминатора излучателя ДНС.

Режим работы (включая управление аттракторным излучением) и обработки данных обеспечивал определение параметров, характеризующих поведенческую

активность особей в исследуемом объеме, а именно: средняя скорость и количество особей, скорость нарастания концентрации особей.

Проведено исследование транслокации и аккумуляции наноразмерных поллютантов в пищевых цепях гидробионтов, получены количественные характеристики процессов накопления и передачи, что позволяет более обосновано планировать исследования с поллютантами класса микро- и нанопластиков.

Проведены лабораторные исследования различий в реакциях представителей основных систематических отрядов пресноводного зоопланктона на фотостимуляцию. Установлена различная чувствительность гидробионтов разных систематических групп (*Daphnia magna*, *Daphnia pulex* и *Cyclops*) к внесению стандартного токсиканта. Из исследованных видов наиболее выраженную фототропную реакцию проявляли *Daphnia Magna* (максимальная скорость увеличения концентрации рачков в освещенном объеме $8,3 \pm 0,7$ особей/(дм³•мин)), в то время как для *Daphnia pulex* $5,2 \pm 0,8$ особей/(дм³•мин), а для *Cyclops* – значительно меньшие значения – $0,06 \pm 0,02$ особей/(дм³•мин)). Внесение токсиканта (бихромата калия или сырой нефти) вызывало изменение скорости концентрирования рачков в зоне аттракторного света, при этом наблюдалось четко выраженное дозозависимое подавление фототропных реакций.

Предварительные результаты исследования представлены на конференции «Arctic Frontiers Science 2020», которая проходила с 26 по 30 января 2020 г. в г. Тромсё (Норвегия). Доклад на тему «Digital Holographic Sensors for Underwater Investigation of Marine Particles» («Цифровые голографические датчики для подводных исследований морских частиц») представлен 30 января в тематической секции «Theme 3: Disruptive technologies - Sensors» («Тема 3: Прорывные технологии – Сенсоры»).

Предварительные результаты исследования были обсуждены на конференции SPIE Defense + Commercial Sensing. Digital Forum 2020 (время проведения 27 April – 8 May 2020, формат: Online Only), доклад «Underwater holographic sensors for plankton studies in situ (программа конференции <https://spie.org/Documents/ConferencesExhibitions/DCS20-Advance-Ir.pdf>).

Результаты исследования представлены на XXVI Международном симпозиуме «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы», который прошел в онлайн-формате с 6 по 10 июля 2020 г. Стендовый доклад «Оценка влияния шумов на качество изображения в цифровой голографической системе» в секции «Распространение излучения в атмосфере и океане».

В ходе выполнения проекта подготовлены три статьи, две из которых приняты к публикации в высокорейтинговых журналах, входящих во второй квартиль базы индексирования научных журналов Scopus.

По результатам проекта подготовлена и зарегистрирована заявка на регистрацию программы для ЭВМ «Программный модуль определения скорости движения частиц по данным, полученным из цифровых голограмм» (ЕА-37734 от 02.12.2020, авторы: Дёмин В.В., Давыдова А.Ю.).