|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 3.1. | Номер Проекта | 18-05-01066 |
| 3.2. | Название Проекта | Изучение условий формирования продуктивности и качества воды в водохранилищах с использованием автоматизированного исследовательского комплекса |
| 3.3. | Коды классификатора | 05-730 Гидрология и водные ресурсы,05-731 Гидрохимия,05-732 Гидробиология |
| 3.4. | Заявленные цели Проекта на период, на который был предоставлен грант | Главной целью проекта является изучение закономерностей формирования продуктивности и качества воды в водохранилище с использованием автоматизированного исследовательского комплекса, позволяющего рассматривать внутрисуточные изменения продукционного процесса, внутреннего водообмена, внешнего газообмена, определяющих состав и свойства воды. В соответствии с этим и результатами исследований предыдущего этапа, на следующий год планируется решение следующих задач: 1. Характеристика метеорологических условий 2018-2019 гг. (в том числе, интенсивности солнечной радиации ФАР), и оценка их влияния на состояние водной массы Красновидовского плеса Можайского водохранилища (в период открытой воды). Выявление особенностей вертикального распределения температуры, электропроводности, рН и анализ причин их изменения. Выделение характерных периодов погоды (циклонального или антициклонального типа и т.п.) и соответствующих им типов состояния водной массы. (работа выполняется М.Г.Гречушниковой, В.А.Ломовым, К.К.Эдельштейном). 2. Сбор на протяжении вегетационного сезона и анализ данных, не регистрируемых автоматически: сведения о составе и количестве фитопланктона, зоопланктона (как потребителя фитопланктона, контролирующего численность водорослей), о содержании фосфора, азота и некоторых других компонентов. Выяснение причин их изменения. (А.В.Гончаров, В.В.Пуклаков, М.Г.Гречушникова, В.А.Ломов). 3. Сбор и анализ данных о продукции и деструкции органического вещества в водоеме, выяснение причин их изменения путем сопоставления с данными об освещенности, температуре, биогенных элементах, хлорофилле, фитопланктоне, о состоянии водной массы и т.п. (А.В.Гончаров, В.А.Ломов) 4. Установка, наладка и обслуживание на протяжении вегетационного периода автоматизированного исследовательского комплекса на плавучей платформе в Красновидовском плесе Можайского водохранилища (А.В.Гончаров, В.В.Пуклаков, В.А.Ломов). 5. Начало разработки нового модельного гидроэкологического блока модели ТМО (тепло-массообмена), пробные расчеты изменчивости продукционно-деструкционного процесса по данным 2018 г. Корректировка алгоритма и параметров уравнений в создаваемом экологическом блоке модели. Сценарные прогностические расчеты изменения экологического состояния Можайского водохранилища на основе метеопрогнозов погоды и известной приточности в период цветения воды в 2018 г. Проведение 2-3 разнопогодных экспресс- съемок Можайского водохранилища и верификация модели с новым блоком. (Ю.С.Даценко, В.В.Пуклаков). 6. Обобщение результатов натурных и модельных расчетов, подготовка статей и докладов на конференциях (все участники проекта). 7. Использование результатов наблюдений в учебном процессе, ознакомление студентов с принципами работы измерительного комплекса, продукционной установки, привлечение их к обработке первичных данных (все участники проекта). 8. Ведение сайта проекта с ежемесячным обновлением информации (А.В.Гончаров, В.А.Ломов). |
| 3.5. | Полученные за период, на который предоставлен грант, результаты с описанием методов и подходов, использованных при реализации Проекта (описать, уделив особое внимание степени оригинальности и новизны) | Результаты, полученные в 2019 г. Произведен анализ вертикальной структуры водных масс в центральной части Можайского водохранилища в летне-осенний период 2018 г. – по результатам автоматизированных наблюдений. Использовалась разработанная нами установка вертикального зондирования водной толщи, состоящая из электрической лебедки с тросом, к которому прикреплен зонд YSI 6600- 2V, и блока управления. Последний включает мотор лебедки раз в 3 часа и выключает его после прохождения цикла «опускание-подъём» зонда. Измерялись температура воды, электропроводность, содержание растворенного кислорода. Показана высокая чувствительность вертикальной структуры вод водохранилища к изменениям погодных условий (Гончаров, Пуклаков, Замана, 2019). В этом же районе Можайского водохранилища (по наблюдениям в августе 2017 г.) при антициклональной погоде происходило усиление вертикальной стратификации вод, увеличение амплитуды суточных изменений температуры воды поверхностного слоя с минимумом утром и максимумом во второй половине дня. В циклональный период стратифицированность водной толщи резко уменьшилась - сформировался однородный, до глубины 10 м, эпилимнион. Интенсивность продукционно-деструкционных процессов в теплый период была в 1,5-2 раза выше, чем в холодный. При антициклональной погоде суточный ход первичной продукции фитопланктона (измеренной с помощью разработанной нами автоматизированной установки) повторяет ход солнечной радиации; максимум деструкции, как и кислорода, наблюдается во второй половине дня (Гончаров, Пуклаков, Гречушникова, Кременецкая, Замана, 2019).  По результатам автоматизированных наблюдений в летние периоды 2016-2017 гг. проанализировано влияние изменчивости погоды на биопродуктивность Можайского водохранилища. Выделены погодные циклы, состоящие из фаз нагревания и охлаждения воды, при смене погоды. Эти наблюдения дополнены автоматической регистрацией колебаний температуры на 7 горизонтах 14 метровой водной толщи. Изменчивость погоды оценивается индексом погодной контрастности (ИПК). Показано, что, чем он больше, тем интенсивнее продукционно-деструкционные процессы в поверхностном слое водохранилища. (Эдельштейн, Гречушникова, Гончаров, 2020 в печати).  Осуществлена разработка новых элементов экологического блока модели водохранилища (ГМВ МГУ). Модель использована при математическом моделировании многолетних изменений экологических переменных – биомассы фитопланктона, концентраций фосфатов и аммонийного иона в Можайском водохранилище. Выявлены тенденции увеличения продуктивности экосистемы водохранилища за 55-летний период. Показано, что увеличение продуктивности приводит к росту роли внутренней нагрузки водохранилища по фосфору (Даценко, Пуклаков, 2019). Разработанная модель использована также при анализе результатов многолетних наблюдений, где показано, что потепление климата (по данным с 60-х годов прошлого века) привело к существенному изменению условий формирования биологической продуктивности и качества воды в Можайском водохранилище. Произошло увеличение продолжительности периода летней стратификации на 18 суток, длительность весенней гомотермии сократилась на 4 дня. Количество дней с температурой воды больше 20°С увеличилось на 26 суток, продолжительность периода ледостава уменьшилась на 17 дней, уменьшилась толщина льда. Уменьшился приток вод половодья и значительно увеличился объем воды зимних (в 2,3 раза), летних (в 1,7 раза) и осенних (в 1,2 раза) паводков с соответствующими им характеристиками химического состава воды. Формирование полифазного режима (с частой сменой фаз сработки и наполнения водохранилища) способствует росту внутренней биогенной нагрузки водохранилища и его эвтрофированию (Пуклаков, Ерина, Соколов, Эдельштейн, 2019). По наблюдениям в зимний период на Можайском водохранилище был выявлен активный фотосинтез фитопланктона - вследствие увеличения прозрачности ледового покрова при стаивании с него снега. Содержание кислорода, лишенного возможности выхода из воды в атмосферу, увеличивалось в подледном слое воды до 220% насыщения. Наиболее активное развитие водорослей происходило в центральном районе водохранилища; доминировали диатомовые рода Stephanodiscus. Можно ожидать расширения описываемого явления при потеплении климата (Ерина, Пуклаков, Соколов, Гончаров, 2019).  С апреля по ноябрь 2019 г. с помощью автоматизированного исследовательского комплекса, расположенного в Красновидовском плёсе Можайского водохранилища собраны материалы, которые в настоящее время анализируются. Это – метеорологические данные (в том числе ФАР), подводная освещённость, вертикальное распределение кислорода, рН, температуры, электропроводности, хлорофилла; продукция и деструкция органического вещества в поверхностном слое водоема. Собраны материалы для анализа сезонных изменений фитопланктона, зоопланктона, фосфора, азота. Предварительный анализ данных за переходный весенне-летний период 2019 г. показывает, что необычно теплая погода в это время, привела к раннему установлению стратификации водной толщи и, как следствие – формированию аноксии в придонных слоях водоема. При этом зоопланктон, равномерно распределявшийся по глубине в период гомотермии, сосредоточился в поверхностном горизонте, так как нуждается в кислороде. Резкое увеличение численности активных фильтраторов дафний привело к уменьшению фитопланктона (хлорофилла) и увеличению прозрачности воды (наступила фаза чистой воды). В поверхностном горизонте уменьшилась концентрация фосфатов, а в придонном – в условиях аноксии – наоборот, существенно увеличилась, становясь потенциальной основой для возрастания первичной продукции при первом значительном перемешивании водной массы (Гончаров, Ломов, Пуклаков – подготовка статьи к печати).  Результаты исследований 2019 г. опубликованы в 8 статьях (одна – в журнале из списка ВАК, остальные – в сборниках материалов конференций), ещё одна статья принята в печать (в журнал из списка RSCI Web of Science). |
| 3.6.1. | Количество научных работ по Проекту, опубликованных за период, на который предоставлен грант | 7 |
| 3.6.1.1. | - в изданиях, включенных в перечень ВАК | 1 |
| 3.6.1.2. | - в изданиях, включенных в библиографическую базу данных РИНЦ | 7 |
| 3.6.1.3. | - из них в изданиях, включенных в Scopus | 0 |
| 3.6.1.4. | - в изданиях, включенных Web of Science | 0 |
| 3.6.2. | Количество научных работ, подготовленных при реализации Проекта и принятых к печати за период, на который предоставлен грант | 1 |
| 3.7. | Апробация результатов реализации Проекта на научных мероприятиях (участие в научных мероприятиях по тематике Проекта за период, на который был предоставлен грант) (каждое мероприятие с новой строки, указать название мероприятия, ФИО члена коллектива и тип доклада) | Участники проекта представили доклады для публикации (заочное участие) на следующие конференции:  II Международная конференция «Озера Евразии: проблемы и пути их решения», Казань, 19–24 мая 2019 г.  Всероссийская научно-практическая конференция «Водохранилища Российской Федерации: современные экологические проблемы, состояние, управление», Сочи, 23-29 сентября 2019 г.  II Всерос.науч.-практ. конф., приуроченной к 55-летию кафедры гидрологии и природопользования ИГУ «Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России», Иркутск, 5–7 июня 2019 г.  Международная научно-практическая конференция "Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы", Воронеж 3-4 октября 2019 г. |
| 3.8. | Участие в экспедициях по тематике Проекта, за период, на который предоставлен грант | Экспедиция на Можайское водохранилище - в район проведения наблюдений с помощью автоматизированного исследовательского комплекса - для изучения закономерностей формирования продуктивности и качества воды в водоеме. |
| 3.9. | Финансовые средства, полученные от РФФИ | 800000.00 |
| 3.10. | Адреса (полностью) ресурсов в Интернете, подготовленных по Проекту (например, http://www.somewhere.ru/mypub.html) | https://sites.google.com/view/watlif |
| 3.11. | Библиографический список всех публикаций по Проекту, опубликованных за период, на который был предоставлен грант | Гончаров А.В., Пуклаков В.В., Замана В.Г.. Вертикальная структура вод Можайского водохранилища в летне-осенний период 2018 г.. 2019, 1, 250-253 Эдельштейн К.К., Гречушникова М.Г., Гончаров А.В.. ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПОГОДЫ НА БИОПРОДУКТИВНОСТЬ ВОДОХРАНИЛИЩА. Вестник Московского университета. Серия 5: География, 2020, 2 Пуклаков В.В., Ерина О.Н., Соколов Д.И., Эдельштейн К.К.. Влияние современных климатических изменений на гидрологический режим Можайского водохранилища. 2019, 1, 484-491 Даценко Ю.С., Пуклаков В.В.. АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕНЕНИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МОЖАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО РАСЧЕТАМ ЕГО КИСЛОРОДНОГО РЕЖИМА. 2019, 457-461 Гончаров А.В., Пуклаков В.В., Гречушникова М.Г., Кременецкая Е.Р., Замана В.Г.. Гидроэкологические особенности вод Можайского водохранилища при смене погоды в августе 2017 г.: результаты автоматизированных измерений. 2019, 489-495 Ерина О.Н., Пуклаков В.В., Соколов Д.И., Гончаров А.В.. Подледное цветение фитопланктона в Можайском водохранилище. Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова, 2019, 15 - 2, 49-54 Даценко Ю.С., Пуклаков В.В.. Моделирование многолетних изменений гидроэкологического состояния стратифицированного водохранилища. 2019, 157-162 Даценко Ю.С., Пуклаков В.В., Эдельштейн К.К.. Применение математического моделирования для прогноза экологического состояния крупного водохранилища. 2019, 2, 74-78 |
| 3.12. | Приоритетное направление развития науки, технологий и техники РФ, которому, по мнению исполнителей, соответствуют результаты данного Проекта | Рациональное природопользование |
| 3.13. | Критическая технология РФ, которой, по мнению исполнителей, соответствуют результаты данного Проекта | Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения |
| 3.14. | Основное направление технологической модернизации экономики России, которому, по мнению исполнителей, соответствуют результаты данного Проекта | не очевидно |
| 3.15. | Направление из Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации | Переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству, разработку и внедрение систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений и животных, хранение и эффективную переработку сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания |