

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОТДЕЛЯЮЩИХСЯ ВОДОЕМОВ КАК ОСНОВА ЛЕТНЕЙ СТУДЕНЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

*Мардашова Мария Валерьевна¹, Краснова Елена Дмитриевна¹, Меньшенина Лариса Леонидовна²,
Крылова Марина Андреевна², Изъюров Игорь Васильевич²*

¹ - Беломорская биологическая станция им. Перцова Н.А. Биологического факультета МГУ им. М.В.

Ломоносова, Москва

² - МГУ им. М.В. Ломоносова, Физический факультет, Москва

Традиционная летняя студенческая практика на ББС МГУ основана на изучении биоразнообразия морских беспозвоночных. Студенты собирают материал из различных биотопов, определяют видовую принадлежность животных и зарисовывают увиденное. Таким образом происходит знакомство с биологическим разнообразием моря, с тонкостями видовой идентификации, особенностями строения организмов разных таксономических групп и анатомией беспозвоночных. По этому принципу построены учебные курсы не только зоологов, но и студентов младших курсов, еще не распределившихся по кафедрам, а также у ряда факультетов, для которых знакомство с зоологическими объектами летней практикой и ограничивается. В частности, именно так организована классическая практика кафедры биофизики физического факультета МГУ.

Классическая структура практики имеет множество плюсов: приобретенные навыки применимы не только к определению и анатомированию беспозвоночных. Рисуя с натуры и научаясь видеть неприметные непосвященному взгляду детали, студент начинает по-другому смотреть на объект, осваивает критическое мышление, непосредственно знакомится с изменчивостью и основами статистики, субъективностью восприятия признаков разными авторами, внимательнее относится к вариабельности и надежности признаков. Как правило, к концу практики все студенты значительно укрепляют навыки рисования и видения предметов, научаются разбираться в новых системах и ориентироваться в литературе.

Однако встает вопрос, возможно ли ограничиться такой практикой для студентов незоологических специальностей при условии, что зоология как предмет на этом и закончится? Наука не стоит на месте, все более внедряются в нашу жизнь современные методы молекулярной биологии, биохимии, биофизики, биоинформатики и т.д., что вынуждают зоологов осваивать все больше методик и интегрировать их в традиционную зоологическую науку. То же касается и экологии, которая в современном исполнении насыщена многочисленными приборными измерениями, требующими специальной подготовки как для использования самих приборов, так и для интерпретации полученных с их помощью данных. Кроме того, значимые научные результаты в большинстве случаев являются результатом интеграции усилий множества узких специалистов, работающих как одна команда, и для успешной реализации научных проектов их участникам необходим навык коллективного труда. Не стоит ли и учебные полевые практики строить с учетом перечисленных выше обстоятельств?

На Беломорской биостанции МГУ с самого начала ее существования полевые практики были нацелены не только на учебный процесс, но и на непосредственное участие студентов в текущих научных работах, выполняемых на базе биостанции. Пример успешного продолжения этой традиции - комплексные исследования подводных ландшафтов в Белом море с применением дистанционных методов, выполняемые студентами 3 курса каф. зоологии беспозвоночных совместно с учебными группами Геологического факультета (Мокиевский и др., 2012). Подобным образом могла быть организована и беломорская полевая практика каф. биофизики Физического факультета.

В августе 2014 года в качестве эксперимента мы предложили студентам-третьекурсникам кафедры биофизики принять участие в одной из научных тем, активно развиваемых на Беломорской биостанции – в изучении транзитных экосистем в водоемах, отделяющихся от моря в результате быстрого постгляциального изостатического поднятия берега. В ковшовых губах, в ходе их отделения от моря, на промежуточных стадиях возникает меромиксис, вертикальное перемешивание ограничено лишь верхней частью водоема, а нижняя водная масса ему не подвержена. В типовом случае при этом водоем становится трехслойным: верхний слой, миксолимнион, обычно опреснен и, в силу различий по плотности, не перемешивается с лежащей ниже соленой водой, которая, в свою очередь, делится на аэробную и придонную анаэробную водные массы. Между аэробной и анаэробной зонами располагается резкий хемоклин, с которым ассоциировано богатое планктонное сообщество из автотрофных микроорганизмов, включающее бактерий и водоросли, а также гетеротрофные организмы, в том числе простейшие и многоклеточные беспозвоночные. Состав сообществ разных вертикальных зон и их количественные характеристики – численность, биомасса и продукция организмов на сегодняшний день практически не изучены, остаются неизвестными факторы, которые обуславливают богатство сообщества хемоклина. Для решения некоторых из этих вопросов нужно выполнить трудоемкие процедуры по количественной и качественной съемке планктона, бентоса, закладке серии гидрологических станций, эхолотированию донного рельефа и т.д. Участие в этих работах студентов может быть взаимно полезным как для исследовательской группы, получающей дополнительные рабочие руки, так и для студентов, которые приобщаются к актуальному исследованию с использованием современной приборной базы и получают бесценный опыт самостоятельного коллективного научного творчества.

В качестве объектов исследования студентам предложили озеро Кисло-сладкое (Полупресная лагуна), расположенное в 1,5 км от биостанции – модельный водоем, отделившийся от моря не более ста лет назад, в котором проводятся наблюдения за эволюцией экосистемы. Вторым объектом, на примере которого можно проследить смену морской биоты на солоноватоводную и пресноводную, стал эстуарий оз. Нижнего Ершовского. Эти водоемы, на наш взгляд, очень удачный объект именно для комплексных исследований, поскольку все элементы гидрологической и экологической системы находятся в очень тесной взаимосвязи и понять, как функционирует каждый из элементов невозможно без знания об остальных.

Целью студенческой работы было изучение экосистемы водоема, включая бентос, планктон, абиотические параметры, характеризующие гидрологическую структуру водоема, рельеф дна, а также экологических особенностей организмов макробентоса и прибрежной сухопутной растительности.

Общую задачу мы разбили на девять самостоятельных тем, вытекающих одна из другой и требующих кооперации между отдельными рабочими группами: (1) батиметрия — составление карты глубин, необходимой для планирования гидрологической, бентосной и планктонной съемок; (2) исследования физико-химических характеристик воды по вертикали от поверхности до дна на нескольких станциях, необходимые для построения гидрологического профиля и вертикального зонирования водной толщи, и для определения наиболее подходящих точек и глубин для последующих планктонных и бентосных съемок; (3) изучение состава автотрофного планктона на разных глубинах методом спектрофотометрии по поглощению света разными пигментами, вертикальное зонирование толщи воды с учетом потенциальных кормовых объектов для бентосных организмов, что также необходимо для планирования бентосной съемки; (4) исследование состава макробентоса в прибрежной (до 0,5 м) зоне Кисло-сладкого озера, выделение ключевых видов гидробионтов и определение границ их распространения; составление схемы распределения бентосных сообществ вдоль береговой линии и подбор наиболее интересных для экспериментальной работы видов; (5) количественное исследование бентоса на различных глубинах озера Кисло-сладкого, выделение массовых форм гидробионтов; (6) изучение распределения бентоса вдоль ручья, вытекающего из Нижнего Ершовского озера, выбор наиболее

значимых видов для экспериментальной работы; (7) экспериментальная работа по исследованию выживаемости некоторых видов гидробионтов в лабораторных условиях при разных значениях солености и температуры, выявление наиболее устойчивых к изменениям внешних условий видов; (8) исследование растительных сообществ на берегу отделяющихся водоемов, сравнение с таковыми на морской береговой линии, выделение потенциальных видов-индикаторов отделяющихся водоемов, изучение распространения уховника обыкновенного *Ophioglossum vulgatum* L. на территории Киндо-полуострова; (9) составление списков биоты исследованных местообитаний; фотографирование животных и подбор рисунков для иллюстрации Каталога биоты ББС МГУ (<http://biota-en.wsbs-msu.ru/wiki/index.php>), сбор и подготовка образцов для музея ББС МГУ, уточнение информации по распространению мало изученных форм гидробионтов. Указанные девять задач выполняли 17 студентов, работая парами и тройками.

Таким образом, все обучающиеся работают для достижения общей цели, планирование задачи каждой группы напрямую зависит от результатов предыдущей. Разнообразие задач и методов такой работы позволяют, с одной стороны, обеспечить разностороннее обучение и освоение большого количества методик, а с другой - подобрать наиболее подходящую задачу под индивидуальные особенности обучающегося. Мы организовали работу таким образом, что все студенты участвовали во всех девяти задачах, осваивая методики всех исследований, но за результаты и обработку данных отвечала конкретная рабочая группа. Благодаря мобилизации всей группы для решения трудоемких задач, в частности, удалось всю количественную съемку бентоса в Кисло-сладком озере и обработку первичных результатов по осуществлять за один рабочий день.

В числе достоинств такой организации учебной практики — отсутствие "эффекта практикума", где ответ известен заранее и его получение служит лишь для освоения методики или прибора. В нашей работе студентам приходилось зачастую изобретать новые методики прямо в процессе работы, изготавливать оборудование для решения вновь поставленных задач из подручных материалов, добывать новое программное обеспечение. И, что более всего ценно, и цель, и сроки обусловлены необходимостью успешной работы всей группы, а не поставлены безлично свыше.

На все исследование, включая полевые и камеральные работы, сбор, обработку данных, составление письменного отчета и подготовку презентации, было отведено 14 дней. По каждой теме ответственная группа подготовила отчет и методические рекомендации для продолжения работы по данной тематике. В конце была организована итоговая конференция, где результаты всех девяти тем были предъявлены научному сообществу ББС МГУ. Все проекты доведены до заверенных текстов и готовятся к публикации. Возможность не только выполнить собственную задачу, но и в дальнейшем выступить на конференции и опубликовать результаты в научных журналах, не ограничиваясь сборниками студенческих работ, создает дополнительную мотивацию для учащихся и придает значимости выполняемой работе. В итоге мы считаем эксперимент по организации комплексного исследования модельного отделяющегося водоема силами студентов кафедры биофизики Физического факультета МГУ успешным.

Основные результаты исследования отделяющихся от моря водоемов силами группы каф. биофизики Физфака МГУ

Изучение дна оз. Кисло-Сладкого с помощью эхолота показало, что на глубины до 0,5 м приходится 38% (6000 кв.м) от площади озера, 0,5-1 м — 19%, 1-2 м — 18%, 2-3 м — 12%, 3-4 м — 12%, и 3% приходится на глубины более 4 м. На основании вертикальных профилей освещенности, температуры, солёности, окислительно-восстановительного потенциала, кислотности и содержания кислорода в озере выделено вертикальных 5 зон: (1) 0-0,5 м - зона ветрового перемешивания (миксолимнион); (2) 0,5-1,5 м – галоклин; (3) в нижней части галоклина на глубине 1-1,5 м находится область с высоким содержанием кислорода; (4) 1,5-3,0 м – термоклин; (5) от 2,5 м до дна – сероводородная неосвещенная зона.

В разных слоях соленой воды в оз. Кисло-Сладком спектрофотометрическим методом обнаружены пигменты: хлорофилл а, хлорофилл b, бактериохлорофилл а, бактериохлорофилл с или g, а также фикоэритрин, что свидетельствует о присутствии в пробах сине-зеленых водорослей, зелёных серобактерий и криптофитовых водорослей рода *Rhodomonas*. По данным спектрофотометрии и флуоресцентной микроскопии проб воды автотрофные планктонные организмы распределены в толще воды следующим образом: 0–1,7 м – организмы практически отсутствуют; 1,7–2,2 м – цианобактерии; 2,2–2,4 м – проявляются пики поглощения света, соответствующие фикоэритрину и хлорофиллам а и b, а также большое количество криптофитовых водорослей рода *Rhodomonas*; 2,4 – 2,7 м – спад концентрации пигментов, малое количество зелёных кокков и криптофитовых водорослей; 2,7 – 4 м – зеленые серобактерии.

В макробентосе озера обнаружено 15 таксонов, в т.ч. впервые для морей России отмечены имаго и личинки жука *Enochrus halophilus*. Определены границы распространения морских организмов (*Mytilus edulis*, *Semibalanus balanoides*, *Littorina saxatilis*), которые встречаются только на пороге в зоне контакта озера с морской водой. Солоноватоводные виды (*Chironomus salinarius*, *Hydrobia ulvae*, *Enochrus halophilus*) обитают по всей периферии озера, кроме порога. На илистом мелководье возле закрывшегося порога обнаружено повышенное видовое разнообразие бентоса. Наиболее массовыми видами являются *Hydrobia ulvae* и *Chironomus salinarius*, их численность максимальна на глубине 0,5 и 1 м. Общая численность бентоса варьировала от 0 до 11767 экз./м²; средняя – 240 экз./м². Биомасса изменялась от 0,59 г/м² до 202,62 г/м²; средняя – 44,98 г/м², она находится в диапазоне величин, характерных для бентоса сопредельных морских акваторий (Мардашова, Мокиевский, 2012; Мокиевский и др., 2012; Исаченко, Цетлин, Мокиевский, 2013). Наибольшая численность бентоса отмечена на глубине 0,5 м, наименьшая – на 4м. Максимальная биомасса приходилась на глубину 1 м, наименьшая – на 3–4м.

В эстуарии оз. Нижнем Ершовском обнаружено 22 вида бентоса. Установлены границы обитания видов, приспособленных к морским и пресным водам. На протяжении ручья морские виды моллюсков (*Littorina* spp., *Mytilus edulis*) и бокоплавов (*Gammarus oceanicus*,) сменяются на солоноватоводные (*Hydrobia ulvae*, *G. duebeni*) и пресноводные (*Lymnaea stagnalis*, *Euglisiinae* gen.sp., *Anisus contortus*, *Gammarus lacustris*); типично морские таксоны (*Nemertea*, *Nereidae*) сменяются пресноводными (*Diptera*, *Odonata*, *Hirudinea*, *Trichoptera*).

В результате экспериментальных работ по исследованию выживаемости восьми видов бентоса при различных значениях солености и температуры, установлены оптимальные для каждого вида условия.

Установлено, что ужомник обыкновенный (*Ophioglossum vulgatum* L.) - потенциальный индикатор отделяющихся водоемов - в условиях Киндо-полуострова и прилегающих территорий произрастает на лугах близ отделяющихся водоемов, в местах с хорошей освещённостью, умеренной увлажнённой почвой и малым уклоном берега при солености почвенных вод от 0.5 до 5.0‰ и pH 7.37-8.65. Ужомник поселяется среди мятлика лугового (*Poa pratensis* L.), блисмуса рыжего (*Blysmus rufus* (Huds.) Link.), погремка малого (*Rhinanthus minor* L.), белозора болотного (*Parnassia palustris* L.). С одной стороны ужомник ограничен стороны полосой гвоздики пышной (*Dianthus superbus* L.), а с другой - полосой чины японской (*Lathyrus japonicus* Willd.) и дерна шведского (*Cornus suecica* L.). Обнаружено 3 новых популяции этого папоротника.

Хотя основным предметом учебной практики стала исследовательская работы, мы не стали отказываться от преимуществ классической программы с изучением биоты. Самостоятельные работы проводились параллельно с выполнением обычной программы практики. По приблизительным оценкам, на самостоятельные работы студенты тратили в среднем около половины учебного времени, у отдельных групп - до двух третей. В связи с этим изменились количественные показатели выполнения обычной программы практики. Так, количество определений морских животных и их рисунков, которые мы ожидали получить от каждого студента, было снижено с сорока (наши требования прошлых лет) до двадцати. Надо заметить, что в эти

требования студенты по разным причинам не укладываются. Максимальное количество рисунков в этом году составило 13, в то время как в прошлые годы оно было от 38 до 45; среднее количество рисунков — 10. По нашему опыту, студенты научаются работать с определителями и самостоятельно разбираться в морфологических описаниях после выполнения как минимум 20 рисунков. Минимальное количество рисунков, однако, (восемь) не отличалось от такового прошлых лет, что показывает большую добросовестность студентов в этом году.

В этом году мы поставили дополнительную задачу ведения списков встреченных животных и фотографирования их для каталога биоты, чем повысили интерес к определению как можно большего числа видов. В результате, несмотря на то, что практика в ее классическом виде была урезана более чем вдвое, общее число встреченных видов оказалось не меньшим, а даже большим, чем обычно: через учебную лабораторию прошло 162 вида беспозвоночных, из которых 137 вида - морские. За период с 2007 по 2014 гг. число видов, встреченных в ходе практики группы каф. биофизики, варьировало от 98 до 155 при среднем значении 129.

Для более или менее всестороннего охвата беломорской фауны (макробентоса и макро-, мезо- и микропланктона), хотя бы на уровне классов, времени оказалось недостаточно. В некоторой степени эти пробелы были заполнены определениями солноватоводной и пресноводной фауны отделяющихся водоемов, а кроме того, повышенным интересом студентов к учебному процессу в целом за счет большего разнообразия заданий. Поэтому, принимая успешный опыт с проведением практики в виде самостоятельных работ, для полноценного учебного процесса и сохранения классической ее части мы считаем необходимым увеличить временную протяженность практики.

Литература

1. Исаченко А.И., Цетлин А.Б., Мокиевский В.О. Структура поселения *Arctica islandica* в акватории Губы Ругозерская (Белое море) и ее многолетняя динамика // Зоологический журнал. — 2013. — Т. 92, №4. — С. 143–153.
2. Комплексные исследования подводных ландшафтов в Белом море с применением дистанционных методов / Труды Беломорской биостанции МГУ, т. XI. Под ред.: В.О. Мокиевского, В.А. Спиридонова, А.Б. Цетлина, Е.Д. Красновой. — М.: Т-во научных изданий КМК. 2012. 173 с.
3. Мардашова М.В., Мокиевский В.О., 2012. Макробентос глубоководной части великой салмы по данным дночерпательной съемки 2006 г. и видеонаблюдений. — Комплексные исследования подводных ландшафтов в Белом море с применением дистанционных методов / Труды Беломорской биостанции МГУ, т. XI). Под ред.: В.О. Мокиевского, В.А. Спиридонова, А.Б. Цетлина, Е.Д. Красновой. — М.: Т-во научных изданий КМК. 2012, с. 74-87.
4. Мокиевский В.О., Будаева Н.Е., Цетлин А.Б., 2012. сообщества бентоса на модельном полигоне по данным дночерпательных съемок / Труды Беломорской биостанции МГУ, т. XI). Под ред.: В.О. Мокиевского, В.А. Спиридонова, А.Б. Цетлина, Е.Д. Красновой. — М.: Т-во научных изданий КМК. 2012, с. 41-63.
5. Integrated study of the bottom landscapes in the White Sea using remote methods. (Proceedings of the Pertsov White Sea Biological Station. V.11.) Editors: V.O. Mokievsky, V.A. Spiridonov, A.B. Tzetlin, E.D. Krasnova. — Moscow, KMK Publish House. 2012. 173 pp.

A COMPREHENSIVE STUDY OF SEPARATING SEA BAYS AS THE BASIS FOR STUDENT SUMMER FIELD PRACTICE

Mardashova Maria Valerievna¹, Krasnova Elena Dmitrievna¹, Menshenina Larisa Leonidovna², Krylova Marina Andreevna², Izyurov Igor Vasilievich²

¹ - Nikolai Pertsov White Sea Biological Station, Biology Department, Lomonosov Moscow State University

² - Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University

Traditional student summer field practice is based on the study of marine invertebrates biodiversity. Students collect material from a variety of habitats, identify the species and draw the samples. Thus students get to know the biological diversity of the sea, the intricacies of species identification, structural features of organisms of different taxonomic groups, and the anatomy of invertebrates. Not only biologists courses are organized this way, but also those of younger students not yet distributed to the departments, as well as a number of other faculties for whom acquaintance with zoological objects is limited to the only summer practice. In particular, classical practice scheme is realized for the Department of Biophysics, Faculty of Physics, Moscow State University.

Classical structure of practice has many advantages: the acquired skills are not only applicable to invertebrates identification and dissection. Students begin to look differently at the subject, develop critical thinking, learn the basics of statistical variability and features subjectivity, become attentive to features variability and reliability. Usually, by the end of practice, all students significantly strengthen drawing skills and vision of objects, learn to navigate in the literature and anatomy.

However can we limit zoological experience to drawing? Lately, new methods of biophysics, molecular biology, biochemistry, bioinformatics are implemented into zoological disciplines. Same process is characteristic to ecological sciences. Interdisciplinary studies become more significant, and team work of specialists in various fields tends to be the main research method. Should we organize student field practice correspondingly?

As an experiment, we proposed team interdisciplinary research on separating sea bays in the WSBS vicinity as a base for field practice of Biophysics Department third year students from Faculty of Physics, MSU. 9 separate tasks were given to 17 students assuming both team work and individual projects. They way tasks were represented, students had to help each other group and also every group's objectives depended on previous group's results. That way every young researcher held the responsibility in front of the whole group.

Nine topics given to students were: (1) bathymetry of Kislo-Sladkoye lake, bottom relief mapping and planning transects and stations for the following researches; (2) hydrological studies of the water column (light, oxygen content, temperature, salinity, redox, pH) and horizons planning for benthal studies; (3) light absorption spectra of at different depths and vertical structuring for potential benthic food chains; (4) macrobenthos studies in shallow Kislo-Sladkoye parts, finding distribution boundaries of marine species and sample collection for experimental work; (5) quantitative analysis of benthal communities at different depths; (6) observation of species composition of the benthos In Lower Ershovsky lake estuary; (7) marine, brackish and freshwater organisms species survival under different salinity and temperature observation;(8) *Ophioglossum vulgatum* L., a potential indicator of separating reservoirs, growth conditions and distribution studies; (9) biota lists for investigated biotopes, photography and drawings for the Biota Catalogue (<http://biota-en.wsbs-msu.ru/wiki/index.php>) illustration.

High diversity of given tasks employing physical, zoological, botanical, chemical and other methods; including both field experience and laboratory work using various instruments including very complex machines, helped us both give young researchers maximum experience, and also find a matching labor for each student.

Though classical practice scheme was shortened, a number of drawings increased drastically compared to previous years (10-12 instead of 20-40). Anyways, biodiversity part was still at the same level. This year students got to know 162 invertebrate species, including 137 marine ones. Usually they meet 129 species at average (98-155 during the period of 2006-2014). Also students get a chance to publish their own work, master their team work skills and experience additional motivation for the learning process.

We suppose this experimental practice scheme successful, propose it to be continued. In order to keep the classical part safe, additional time is required.