

**Название курса:** Теория и практика анализа океанологических данных

**Команда проекта:**

Копышов И.О. – студент 1-ого курса магистратуры МФТИ кафедры термогидромеханики океана, ведущий инженер лаборатории морских полярных исследований МГИ РАН, +7(982) 275-65-98, kopyshov.io@phystech.edu

Ежова Е.А. – студент 1-ого курса магистратуры МФТИ кафедры термогидромеханики океана, инженер лаборатории взаимодействия океана и атмосферы и мониторинга климатических изменений ИО РАН, +7(905) 661-55-61, ezhova.ea@phystech.edu

**Аннотация**

Курс теории и практики анализа океанологических данных рассчитан на 10 – 15 студентов 2-3 года обучения бакалавриата МФТИ, заинтересованных в изучении океанологии. Курс включает в себя проведение теоретического цикла занятий по особенностям решаемых задач в экспедиционной океанологии и проведение цикла практических занятий по методологии постановки морского эксперимента, проведения натурных исследований, обработки их результатов. Обе части курса дополняют друг друга и образуют неразрывную последовательность этапов обучения студентов работе с океанологическими данными. В ходе курса рассказываются методы сбора и обработки данных о водной среде, методы структурирования больших массивов данных в интернет-источниках, а также процесс формирования научных отчётов. Курс завершается итоговой защитой студентами в формате устного зачёта работ, основанных на экспериментальных данных, полученных в ходе теоретической и практической частях курса.

**Актуальность**

С самого основания, кафедра термогидромеханики МФТИ готовила лучших специалистов в области наук о Земле. Важной составляющей процесса обучения в этой сфере является получение прикладных и экспедиционных навыков, которым, до определённого момента, уделялась огромная роль. В настоящее время студенты кафедры получают большое число теоретических знаний, однако получение практических навыков зачастую осложнено. Существующие программы морских экспедиций, например, «Плавучий университет», организуют конкурс на общей основе для студентов из разных, в том числе профильных ВУЗов, практические занятия по океанологии в которых проводятся, начиная с 1-ого курса (РГГМУ, МГУ им. Ломоносова). Такой конкурс не позволяет полностью обеспечить занятость для групп студентов кафедры. Настоящий курс является вводным для студентов начальных курсов по получению первичного опыта работы с сырыми данными и приборами, включающий в себя 2 однодневные экспедиции.

**1. Общая характеристика курса**

**Цель курса**

Цель курса – получение студентом профессиональных умений и опыта качественного сбора и обработки океанологических данных. Курс обеспечивает практическую подготовку обучающихся и направлен на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций по профилю образовательной программы кафедры термогидромеханики океана.

**Задачи курса**

- формирование навыков качественного сбора и первичной обработки натуральных данных для решения профессиональных задач с использованием актуальных методов исследования, современного оборудования и вычислительных средств;
- развитие профессионального научно-исследовательского мышления у обучающихся, формирование четкого представления об основных профессиональных задачах и способах их решения;
- формирование навыков грамотного применения современных технологий для сбора информации, обработки и интерпретации экспериментальных данных.

**Форма проведения:** очная

**Место проведения:** Кампус МФТИ г. Долгопрудный, Московская область

## 2. Перечень планируемых результатов обучения

В результате освоения практики обучающийся должен знать:

- процесс полного цикла проведения научных работ от постановки задачи и выполнения натуральных экспериментов до отчётного результата;
- принципы организации проведения экспериментов и испытаний;
- принципы и правила оформления научных результатов работ.

Уметь:

- проводить обработку и анализ результатов экспериментов и испытаний;
- осуществлять доступ к международным базам данных океанологических и спутниковых данных;
- выполнять обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации в соответствии с установленными методиками;
- анализировать возникающие в научно-исследовательской деятельности затруднения и находить пути их решения;
- оформлять и представлять результаты научно-исследовательской работы.

В процессе чтения курса преподавателями будет формироваться методическое пособие по обработке и анализу океанологических данных, разработке методики проведения натуральных исследований. В дальнейшем планируется публикация созданного методического пособия под редакцией ИО РАН и/или МФТИ.

## 3. Содержание курса

### 3.1. Основные этапы

№	Содержание этапа	Тип занятия	Сроки	Трудоёмкость (часов)
1	Введение в предмет. Основные положения. Работа с большими массивами данных	Лекция/семинар	03.02.25 – 28.02.25	12
2	Ледовая практика	Практическое занятие	02.03.25	7
3	Работа с первичными данными. Методы первичной обработки информации.	Лекция/семинар	03.03.25 – 14.03.25	6
4	Сдача отчёта по ледовой практике	Приём задания	10.03.25 – 21.03.25	0
5	Изучение основных гидрологических процессов и их	Лекция/семинар	17.03.25 – 25.04.25	18

	проявлений на примере реальных данных			
6	Практика на озере	Практическое занятие	27.04.25 / 04.05.25	8
7	Формирование научного отчёта	Лекция/семинар	28.04.25 – 10.05.25	6
8	Сдача и защита работы	Приём задания	12.05.25 – 17.05.25	3
Всего часов:				60

### 3.2. Содержание работы

Введение в предмет. Основные положения. Работа с большими массивами данных

1. Хранение данных. Принцип работы памяти компьютера и оптимизация её использования. Работа с большими массивами данных методами языка программирования Python. Использование библиотеки NetCDF4 для сохранения и обработки океанологических данных.
2. Библиотеки для работы с массивами данных. Оптимизация и ускорение работы с большими массивами данных с помощью библиотеки Pandas в Python.
3. Международные базы данных хранения гидрологической и спутниковой информации об океане: база данных буёв ARGO, международная библиотека данных PANGAEA, библиотека спутниковых данных NASA и ESA, интернет-ресурс Copernicus Marine Service. Визуализация данных при помощи пакета Matplotlib.
4. Введение в теорию исследования морского льда. Особенности процесса формирования ледового покрова на морской поверхности и на пресном водоёме.

Работа с первичными данными. Методы первичной обработки информации. Изучение основных гидрологических процессов и их проявлений на примере реальных данных.

5. Работа с первичными данными оборудования: особенности чтения, ошибки при сохранении. Обработка полученных данных на ледовой практике.
6. Вычислительные методы обработки физических данных: интерполяция, усреднение, сглаживание, аппроксимация и экстраполяция. Различные методы фильтрации данных. Теория погрешностей.
7. Первичные и вторичные параметры водной среды: температура, проводимость, давление, солёность, плотность, частота Вэйсяля-Брента и т.д. Расчёт характеристики морской толщи методами Python: библиотека Seawater (стандарты EOS80/TEOS10).
8. Применение теории, изученной на лекции 7, к реальным данным массивов заякоренных станций, буйковых измерителей или экспедиционных измерений.
9. Картографические проекции. Создание карт при помощи библиотек Python: Basemap, Cartopy. Глобальные массивы батиметрических карт GEBCO.
10. Работа с региональными и глобальными атласами характеристик морской среды. Особенности работы с данными реанализа. Применение навыков, полученных на лекциях 5-9 для отрисовки полей характеристик на примере Карского моря.
11. Особенности формирования верхнего слоя океана (Philips, 1977). Демонстрация региональных отличий и особенностей формирования верхнего слоя на примере используемых ранее данных.

12. Особенности структуры формирования вод в озере. Методика и особенности проведения работ на воде. Особенности планирования экспедиционных работ.

Формирование научного отчёта

13. Структура и правила оформления научных отчётов (публикаций) в академической среде. Научная этика.  
Формирование научного отчёта по 2-ой практике согласно общепринятым нормам.

Сдача и защита работы

14. Защита работы и сдача научного отчёта.

В рамках курса будут изучены основные методы обработки данных при помощи языка программирования Python с помощью библиотек:

- Matplotlib для визуализации результатов
- Cartopy для работы с картами
- Pandas для работы с массивами данных
- Numpy для работы с массивами данных
- NetCDF для работы с массивами данных
- Scipy для обработки данных специальными методами
- Seawater для работы с океанографическими данными

Практическая часть курса направлена на освоение студентами навыков работы с гидрологическим/метеорологическим оборудованием. Практика подразумевает работу студентов в небольших командах под руководством начальника отряда. Экспедиционная часть курса состоит из двух отдельных практик: ледовую и практику на озере. Первая направлена на изучение гидрологических процессов в зимний период, а также изучение льда как отдельной среды. Практика на озере направлена на изучение гидрологических процессов в пресных водоёмах во время ледотаяния, в момент активной фазы перестройки вертикальной структуры водоёма. Каждая практика сопровождается формированием научных отчётов, которые составляются студентами и сдаются в печатном виде. Практика на озере также включает в себя защиту работы в устной форме.

*Ледовая практика*

Практическое занятие представляет собой выезд на объект исследования по заранее подготовленному маршруту и поставленной методике проведения работ. Группа студентов и преподавателей организовано в течение одного дня проводит натурные исследования на одном из выбранных ледовых полигонов в относительной близости к кампусу МФТИ. Конкретное положение полигона будет уточнено после анализа метеорологических и гидрологических условий на момент проведения занятия. Группа студентов будет разделена на подгруппы с целью выполнения комплексных работ вахтовым методом. Все полученные данные будут использованы при анализе и составлении отчета по практике, засчитываемом в качестве первого задания по курсу.

Ледовая практика подразумевает изучение вертикальной структуры ледового и снежного покровов, а также пространственного распределения и изменчивости его параметров. Часть комплекса работ будет направлена на определение характеристик

воды и водоема под ледовой поверхностью. Отдельное внимание будет уделено вертикальному теплообмену между системами вода-атмосфера и лёд-атмосфера.

Все работы на льду будут выполняться в соответствии с техникой безопасности, подробно описанной в приложении 1.

### *Практика на озере*

Практическое занятие на озере представляет собой выезд на объект исследования - водоём в относительной близости к кампусу МФТИ (предположительно: Пироговское/Клязьминское водохранилище). Студенческая группа во главе с организаторами и приглашёнными лекторами следуют по заранее подготовленному маршруту и выполняют гидрофизическую и метеорологическую съёмку на полигоне в течение одного дня. На берегу вблизи места работы организуется небольшой лагерь, из которого вахтовым методом будут осуществляться вылазки небольших групп (до 5 человек) на катере.

Измерения будут включать в себя промеры глубины эхолотом, а также вертикального профилирования водной толщи СТД (солёность, температура, давление) зондом. Также планируются измерения стандартных метеорологических характеристик, таких как скорость/направление ветра, температура воздуха, давление для учёта влияния атмосфера на водную среду.

Сезон измерений: конец апреля – начало мая соответствует активному ледотаянию. На примере пресного водоёма предлагается изучить процесс весеннего прогрева водной толщи.

Выбор полигона основан на близости района исследования к кампусу МФТИ г. Долгопрудный, а также особенностью рельефа и гидродинамики течения. Согласно модельным данным (Веницианов и др., 2013) в Пироговском водохранилище преобладают скорости течения не более 1-2 см/с с локальным повышением до 5-6 см/с. Также, на дне водоёма располагается русло реки Клязьма (рис. 1), где, вероятно, могут отличаться фоновые характеристики среды.



Рис. 1. Батиметрическая карта Клязьминского и Пироговского водохранилищ (Веницианов и др., 2013)

Все работы на открытой воде будут выполняться в соответствии с техникой безопасности, подробно описанной в приложении 2.

### **3.3. Руководство**

Основные преподаватели:

Копышов И.О. – студент 1-ого курса магистратуры МФТИ кафедры термогидромеханики океана, ведущий инженер лаборатории морских полярных исследований МГИ РАН;

Ежова Е.А. – студент 1-ого курса магистратуры МФТИ кафедры термогидромеханики океана, лаборант лаборатории взаимодействия океана и атмосферы и мониторинга климатических изменений ИО РАН

Планируемые приглашённые лекторы\*:

Зимин А.В. д.г.н. – заведующий лабораторией геофизических пограничных слоёв Санкт-Петербургского филиала ИО РАН, главный научный сотрудник;

Осадчиев А.А. д.ф.-м.н. – заведующий лабораторией арктической океанологии МФТИ, главный научный сотрудник;

Фрей Д.И. к.ф.-м.н – ведущий научный сотрудник лаборатории гидрологических процессов ИО РАН;

Степанова Н.Б. к.ф.-м.н – заместитель заведующего кафедрой термогидромеханики океана МФТИ.

\*Состав преподавателей может быть скорректирован вследствие активной экспедиционной деятельности лекторов

## **4. Описание материально-технической базы, используемой для организации практики**

Все лекции/семинары будут проводиться в очном формате в аудиториях кампуса МФТИ, г. Долгопрудный. Для организации необходимо будет согласование и выделение аудитории учебным отделом.

Финансирование организации и проведения выездных практик планируется из бюджета выделенного гранта. Планируется выделить средства на: трансфер до места проведения, расходные материалы (перчатки, метизы, фалы и т.д.), аренду катера с рабочим эхолотом. Более подробно см. Приложение.

Для практических работ будут привлечены сотрудники МФТИ и ИО РАН, а также гидрофизическое оборудование лаборатории арктической океанологии МФТИ.

Общая сумма, запрашиваемая у ФЦК МФТИ составляет 336 800 руб.

Проект не может быть профинансирован из бюджета МФТИ, поскольку финансирование кафедры не предусматривает проведение централизованной практики для студентов.

## **5. Долгосрочное развитие проекта**

Образовательный проект построен по образу «классических» курсов МФТИ с внедрением практических (экспедиционных) занятий. Это сделано для того, чтобы в случае успеха проекта, он был в короткие сроки включён в учебный план при условии его прямого финансирования МФТИ. Планируется, что данный курс будет читаться каждый весенний семестр на регулярной основе.

## **6. Подразделение МФТИ, через которое будет проходить финансирование проекта**

Центр наук о Земле МФТИ

*Руководитель подразделения:*

Степанова Наталья Борисовна, e-mail: [stepanova.nb@ocean.ru](mailto:stepanova.nb@ocean.ru), 89264108419

*Ответственный исполнитель по проекту:*

Копышов Илья Олегович, e-mail: [kopyshov.io@phystech.edu](mailto:kopyshov.io@phystech.edu), 89822756598

## **7. Популяризация деятельности ФЦК**

Все главные события курса: открытие, проведение ледовой практики, проведение практики на озере, завершение курса будут освещаться в информационных пространствах МФТИ (группа ВК, Телеграмм, официальный сайт МФТИ). Организаторами курса будет написан текст для информационных сообществ.

## **Литература**

Веницианов Е. В., Лепихин А. П., Кирпичникова Н. В. Разработка гидродинамической модели и модели формирования загрязнений равнинного водохранилища (на примере Клязьминского водохранилища) // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2013. – №. 2. – С. 96-107.

Phillips O. M. The dynamics of the upper ocean. – 1977.

## Техника безопасности при проведении работ на льду

Настоящая техника безопасности составлена на основании приказом Минтруда России от 17.12.2020 N 922н "Об утверждении Правил по охране труда при проведении водолазных работ" (Зарегистрировано в Минюсте России 29.12.2020 N 61927), раздел XXVI. Требования охраны труда при выполнении работ со льда, подо льдом и при отрицательных температурах наружного воздуха. Организация работ с гидрофизическим оборудованием схожа с проведением водолазных работ, однако связана с меньшими рисками. Таким образом, руководство было составлено с заменых терминов «водолазные работы» на «работа с гидрологическим оборудованием». Общие правила проведения работ на открытом воздухе при отрицательных температурах регламентируется правилами по охране труда при проведении работ в особых климатических условиях приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 01.01.2021.

Далее описаны особенности работ при проведении ледовой практики студентами.

### 1.1 Организация разведочных работ

Перед выходом на ледовую поверхность водоёма необходимо провести разведочные работы для определения безопасного маршрута. Руководитель, двигаясь впереди должен быть снабжён страховочным тросом, при помощи которого, в случае провала под лёд, необходимо будет его вытащить. Свободный конец страховочного троса находится в руках следующего за руководителем помощника. Длина страховочного троса не менее 15 м.

### 1.2 Организация спусковых работ

В соответствии с пунктом 284 для спусков под лед делают майну, которую очищают ото льда. Размеры майны должны обеспечивать подъем в случае возникновения нештатной или аварийной ситуации в любом пространственном положении.

По краям майны устанавливается настил для предотвращения случайного соскальзывания в воду персонала и устанавливается ограждение майны высотой не менее 1100 мм.

Майна не должна иметь острых кромок, острые и выступающие части необходимо удалить.

Необходимо установить водолазный трап или иное устройство, предназначенное для спуска и подъема водолаза, которое обеспечивает подъем водолаза при возникновении нештатной или аварийной ситуации с водолазом.

### 1.3 Ограничения работ

В соответствие с пунктом 286, раздела XXVI, приказа N 922н Минтруда России от 17.12.2020 об определении ограничений по температуре окружающего воздуха и воды необходимо учитывать:

а) воздействие дополнительных факторов, таких как ветер, относительная влажность, осадки, образование наледи, парение у поверхности воды, теплые течения.

б) ограничения по температурам воды и воздуха, установленные в инструкциях по эксплуатации на снаряжение и технику.

При увеличении ветра на 1 м/с необходимо снижать ограничение по температуре воздуха, при которой могут проводиться водолазные спуски, на 1 °С.

Производство работ со льда, подо льдом и при отрицательных температурах наружного воздуха дополнительными опасными и вредными производственными факторами являются регламентируется пунктом 289, раздела XXVI, приказа N 922н Минтруда России от 17.12.2020:

- а) низкая несущая способность ледяного покрова;
- б) неожиданные подвижки льда и отрыв ледового поля;
- в) появление отдельных льдин, ветровой нагон льда;
- г) внезапные сбросы воды через плотину и иные устройства;
- д) переохлаждение спускающихся под воду водолазов и персонала водолазной станции;
- е) обмерзание шлангов, шланговых соединений, редукторов;
- к) скопление конденсата в шлангах и в элементах водолазного снаряжения и водолазной техники, с последующим обледенением, при перемещении из одной температурной зоны в другую или при нахождении на границе двух зон.

#### **1.4 Ознакомление с техникой безопасности**

Перед началом работ всем участникам необходимо пройти технику безопасности и подтвердить факт прохождения личной подписью в допуске на производственную практику, приложение к правилам по охране труда при проведении работ в особых климатических условиях приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 01.01.2021.

**Техника безопасности при проведении работ на открытой воде**

Работа на маломерных судах, проводимая в рамках экспедиции регулируется приказом Минтруда России от 11.12.2020 N 886н (ред. от 05.10.2021) "Об утверждении Правил по охране труда на морских судах и судах внутреннего водного транспорта". Проведение работ также руководством по гидрометеорологическому обеспечению морской деятельности Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации, руководящий документ РД 52.27.881-2019.

Перед началом работ всем участникам необходимо пройти технику безопасности и подтвердить факт прохождения личной подписью в допуске на производственную практику, приложение к правилам по охране труда при проведении работ в особых климатических условиях приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 01.01.2021.