

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Геолого-географический факультет

УТВЕРЖДАЮ:  
Декан геолого-географического  
факультета



П.А. Тишин

« 07 » февраля 2022 г.



Рабочая программа дисциплины  
**Моделирование геосистем**

по направлению подготовки  
**05.04.02 География**

Направленность (профиль) подготовки:  
**«Цифровые технологии в географии»**

Форма обучения  
**Очная**

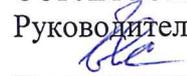
Квалификация  
**Магистр**

Год приема  
**2021**

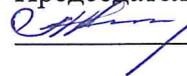
Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.01.01.05

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

 Н.С. Евсева

Председатель УМК

 М.А. Каширо

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-2 – способен оценивать и прогнозировать развитие и взаимодействие природных, производственных и социальных систем на глобальном, региональном и локальном уровнях в избранной области географии.

ПК-4 – способен планировать и координировать выполнение технологических операций по работе с геоинформационными системами для решения задач органов территориального управления.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-2.1. Анализирует параметры состояния природных, производственных и социальных систем на глобальном, региональном и локальном уровнях в избранной области географии.

ИОПК-2.2. На основе проведенного анализа даёт оценку и прогноз развития процессов в системе «природа-хозяйство-население» на разных территориальных уровнях.

ИПК-4.2. Координирует выполнение технологических операций по работе с геоинформационными системами, включая формирование, поддержку и развитие баз геоданных, кадастров земельных и других ресурсов, для решения задач государственного и муниципального уровня.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

- Познакомить с системой основных знаний в области естественно-научного моделирования.
- Обучить навыкам создания в ГИС-технологиях стационарной структуры бассейновых геосистем, а также их динамических параметров (атмосферные осадки, сток, солнечная радиация).
- Научить вычислять и анализировать параметры рельефа, рассчитываемые на основе производных второго порядка, вегетационные, влажностные индексы и другие параметры состояния геосистем.

## **3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Семестр 1, экзамен.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования: «Землеведение», «Ландшафтоведение», «Гидрология», «Метеорология и климатология» и «Географические информационные системы».

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 часов, из которых:

– лекции: 8 ч.;

– практические занятия: 28 ч.;  
в том числе практическая подготовка: 28 ч.  
Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам**

### **Модуль 1. Теоретический**

1. Введение в дисциплину «Моделирование геосистем». Понятие и общая классификация моделей. Моделирование геосистем как особый вид имитационного моделирования. Классификация программного обеспечения для геомоделирования. История геомоделирования.

2. Теоретическая база моделирования геосистем. Общая классификация моделей. Моделирование геосистем как особый вид имитационного моделирования. Геосистемная В.Б. Сочавы, бассейновый подход Л.М. Корытного. Основные положения физико-математической теории геосистем В.В. Сысуева. Геофизика и геохимия ландшафта в моделировании геосистем. Параметры моделей и их физическое обоснование. Эмпирические и теоретические параметры. Проблемы валидации и верификации моделирования природных и природно-антропогенных геосистем.

3. Обзор современных ГИС-технологий для моделирования геосистем. Классификация программного обеспечения для геомоделирования. Функциональные возможности аналитических ГИС-пакетов SAGA, GRASS, ILWIS.

4. Современные методы и способы получения пространственных данных. Методы наземного и воздушного лазерного сканирования, дистанционные методы получения информации о земной поверхности, методы полевой фиксации текущих параметров геосистем (логгеры), системы глобального позиционирования (GLONASS и GPS) в геоботаническом и почвенном картографировании.

### **Модуль 2. Практический**

1. Моделирование рельефа земной поверхности, как основного фактора динамики и функционирования геосистем. Функциональные возможности аналитических ГИС-пакетов SAGA. Назначение и основные инструменты геообработки в ГИС-пакете SAGA

2. Физический смысл и интерпретация геоморфометрических параметров, рассчитываемых на основе производных первого (уклон, экспозиция) и второго (плановая и профильная кривизны) порядка. Алгоритм работы водосборных и русловых имитационных моделей. Параметры моделей и их физическое обоснование. Физический смысл и интерпретация геоморфометрических параметров, рассчитываемых на основе производных первого (уклон, экспозиция) и второго (плановая и профильная кривизны) порядка.

3. Использование данных глобальных бесплатных (SRTM, AsterGDEM и Merit) и коммерческих цифровых моделей рельефа для получения информации о рельефе земной поверхности.

4. Использование дистанционных методов получения информации о земной поверхности при моделировании геосистем: методы полевой фиксации текущих параметров геосистем (логгеры), системы глобального позиционирования (GLONASS и GPS) в картографировании геосистем.

5. Моделирование условий произрастания растительности и дифференциации почвенного покрова, как важнейших индикаторных признаков состояния геосистем. Расчёт спектральных влажностных (NDWI), вегетационных (NDVI) и снеговых (NDSI) индексов на основе мультиспектральных космических снимков с различным пространственным разрешением для получения информации о параметрах функционирования геосистем.

6. Валидация и верификация данных геоинформационного моделирования. Методы, приборная база. Проблемы валидации и верификации моделирования природных и природно-антропогенных геосистем.

7. Размещение данных геомоделирования в WEB-ГИС и тематических Геопорталах  
Обзор функциональных возможностей бесплатных (Geoserver, MapServer) и коммерческих (GetMap, GeoMixer) сервисов.

## 9. Текущий контроль по дисциплине

Успешное овладение знаниями по дисциплине «Моделирование геосистем» предполагает постоянную работу студентов в аудиторное (лекции, практические) и внеаудиторное время (самостоятельная работа). Проверка полученных знаний осуществляется на практических занятиях и устного экзамена. Должны быть выполнены 3 практических работы на оценку выше «удовлетворительно».

## 10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в первом семестре проводится в письменной форме по билетам. Билет состоит из двух частей, проверяющий ИОПК-2.1 и ИОПК-2.2. В первой части – один теоретический вопрос, требующий развернутый ответ. Вторая часть содержит один вопрос из практической части, проверяющих ИПК-4.2. Для допуска к экзамену студенты должны выполнить контрольные работы.

Вопросы к экзамену по курсу «Моделирование геосистем»

1. Понятие и общая классификация моделей.
2. Моделирование геосистем как особый вид имитационного моделирования.
3. Классификация программного обеспечения для геомоделирования.
4. Функциональные возможности аналитических ГИС-пакетов SAGA
5. Использование дистанционных методов получения информации о земной поверхности при моделировании геосистем: методы полевой фиксации текущих параметров геосистем (логгеры), системы глобального позиционирования (GLONASS и GPS) в картографировании геосистем.
6. Физический смысл и интерпретация геоморфометрических параметров, рассчитываемых на основе производных первого (уклон, экспозиция) и второго (плановая и профильная кривизны) порядка.
7. Алгоритм работы водосборных и русловых имитационных моделей.
8. Параметры моделей и их физическое обоснование. Эмпирические и теоретические параметры.
9. Использование данных глобальных бесплатных (SRTM, AsterGDEM и Merit) и коммерческих цифровых моделей рельефа для получения информации о рельефе земной поверхности.
10. Расчёт спектральных влажностных (NDWI), вегетационных (NDVI) и снеговых (NDSI) индексов на основе мультиспектральных космических снимков с различным пространственным разрешением для получения информации о параметрах функционирования геосистем.
11. Проблемы валидации и верификации моделирования природных и природно-антропогенных геосистем.
12. Особенности работы с сервисом открытых пространственных данных Earthexplorer от USGS.
13. Назначение и основные инструменты геообработки в ГИС-пакете SAGA
14. Создание композитного изображения в ГИС-пакете SAGA на основе космических снимков Sentinel 2a.
15. Работа с цифровыми моделями поверхности в SAGA. Расчёт морфометрических величин первого, второго порядка и производных от них. Особенности интерпретации полученных значений.

Примерный перечень вопросов к контрольным работам  
*Контрольная работа № 1* по теме «Теоретические основы моделирования геосистем»

1. Геосистемная парадигма Виктора Борисовича Сочавы;
2. Бассейновый подход Леонида Маркусовича Корытного;
3. Основные положения физико-математической теории моделирования геосистем Владислава Васильевича Сысуева.

*Контрольная работа № 2* по теме «Физический смысл и интерпретация геоморфометрических параметров»

1. Параметры рельефа, рассчитываемые на основе производных первого порядка.
  - А) Физический смысл и интерпретация уклона земной поверхности;
  - Б) Физический смысл и интерпретация экспозиции склонов;
2. Параметры рельефа, рассчитываемые на основе производных второго порядка.
  - А) Физический смысл и интерпретация плановой кривизны;
  - Б) Физический смысл и интерпретация профильной кривизны.

*Контрольная работа № 3* по теме «Физический смысл и интерпретация спектральных индексов, рассчитываемых на основе космических снимков»

1. Влажностный (NDWI) спектральный индекс;
2. Вегетационный (NDVI) спектральный индекс;
3. Снеговой (NDSI) спектральный индекс.

### **Перечень и содержание практических работ**

*Практическая работа №1* – «Расчёт основных геоморфометрических характеристик ключевого участка».

На основе имеющейся цифровой модели рельефа SRTM студенты сперва выделяют границы изучаемого водосборного бассейна согласно выданному им варианту (от 1 до 5), затем, при помощи функции «Вырезать полигон» (Clip GRID with Polygon), отсекают лишние территории по границам водосборного бассейна. Затем, при помощи автоматизированных алгоритмов выполняется расчёт основных морфометрических параметров рельефа. Работы осуществляются в ГИС-пакете SAGA.

*Практическая работа №2* – «Расчёт спектральных характеристик ландшафтов ключевого участка на основе мультиспектральных космических снимков».

Для выполнения задания студенты предварительно регистрируются на портале геологического общества США ([earthexplorer.usgs.gov](http://earthexplorer.usgs.gov)) для получения доступа к бесплатной космической съёмке с космических систем NASA (Landsat 7 и Landsat 8), а также системы дистанционного зондирования Европейского космического агентства Sentinel. После регистрации и скачивания необходимых спектральных каналов, обучающиеся сперва синтезируют спектральные каналы для получения изображения в видимом и инфракрасном участках электромагнитного спектра, а затем рассчитывают нормализованные разностные индексы. Работы проводятся в ГИС-пакете SAGA.

*Практическая работа №3* – «Расчёт показателей корреляции характеристик рельефа и состояния растительного покрова. Обоснование границ геосистем на основе априорных данных».

Благодаря точной геометрической коррекции изображений (пространственной привязки) изготовленных на основе рассчитанных ранее морфометрических показателей и спектральных характеристик ландшафтов выполняется расчёт геостатистических показателей и коэффициентов корреляции величин поверхностного увлажнения, водного стока и продуктивности биомассы.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Критерии оценки приводятся ниже.

Оценка	Критерии оценки
5	Полный развернутый ответ на все вопросы
4	Неполный ответ на все вопросы
3	Неполный ответ не на все вопросы
2	Нет ответа даже на общие вопросы

## 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=24411>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ модуля	Наименование работ
1	2	Расчёт основных геоморфометрических характеристик ключевого участка
2	2	Расчёт спектральных характеристик ландшафтов ключевого участка на основе мультиспектральных космических снимков
3	2	Расчёт показателей корреляции характеристик рельефа и состояния растительного покрова. Обоснование границ геосистем на основе априорных данных

## 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

- Определение морфометрических характеристик водных объектов суши и их водосборов с использованием технологии географических информационных систем по цифровым картам Российской Федерации и спутниковым снимкам. – М.: ООО "РПЦ Офорт", 2017. – 148 с. [Электронный ресурс] URL: <http://www.consultant.ru>
- Флоринский, И. В. Иллюстрированное введение в геоморфометрию [Электронный ресурс] URL: <http://iflorinsky.impb.ru/Florinsky-2016c.pdf>

б) дополнительная литература:

- Физико-математические основы ландшафтоведения: Учеб. пособие по специальности 012500 География / Сысуев В.В.; Мос. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. Географ. фак. – М.: Географ. фак. МГУ, 2003. – 245 с.
- Определение морфометрических характеристик водных объектов суши и их водосборов с использованием технологии географических информационных систем по цифровым картам Российской Федерации и спутниковым снимкам. – М.: ООО "РПЦ Офорт", 2017. – 148 с.
- Вопросы географии. Горизонты ландшафтоведения. Сб. 138: / Отв. ред. К.Н. Дьяконов, В.М. Котляков, Т.И. Харитонова. - М.: Издательский дом «Кодекс», 2014.
- Wilson J.P., Gallant J.C., eds. Terrain Analysis: Principles and Applications. New York: Wiley, 2000. 479 p.

в) ресурсы сети Интернет:

- Сайт Музея Землеведения МГУ <http://www.museum.msu.ru/index63.htm>
- Портал география: Электронная Земля <http://webgeo.ru/>

- Сайт кафедры физической географии и ландшафтоведения географического факультета МГУ <http://www.landscape.edu.ru>
- Сайт института географии РАН <http://igras.ru>
- Сайт института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН <http://irigs.irk.ru>
- Сайт кафедры географии ТГУ <http://geo.tsu.ru/faculty/structure/chair/geography>

### 13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
- Quantum GIS и SAGA;
- публично доступные облачные технологии (Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

в) профессиональные базы данных:

- База открытых пространственных данных USGS. Earth Explorer [Электронный ресурс] URL: [earthexplorer.usgs.gov](http://earthexplorer.usgs.gov)
- Электронное руководство по использованию сервиса «Climate Data (Temperature, Precipitation, Humidity) from 1981-2020». Электронный ресурс [Электронный ресурс] URL: [https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=10&v=YnAod3vLQM8&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?time_continue=10&v=YnAod3vLQM8&feature=emb_logo)

### 14. Материально-техническое обеспечение

Обучение дисциплине осуществляется с использованием следующих площадей и оборудования:

- лекционная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием для демонстрации презентаций, слайдов и компьютерной анимации.
- компьютерный класс с инсталлированным программным обеспечением Quantum GIS, SAGA и др.

Для самостоятельной работы используется компьютерный класс кафедры географии геолого-географического факультета ТГУ, периодические издания научной библиотеки ТГУ.

### 15. Информация о разработчиках

Ерофеев Александр Анатольевич – кандидат географических наук, доцент кафедры географии ГГФ ТГУ.

