

**Разработка методик проведения экологического мониторинга
на особо охраняемых природных территориях Республики Коми
и проведение обучающих семинаров для целевых групп**

Список исполнителей

| Фамилия, имя, отчество | Должность, ученая степень, ученое звание | Разделы | Подпись |
|---------------------------|--|---------------------------|---------|
| Плюснин Сергей Николаевич | Руководитель о научной ра- боте и международной дея- тельности ИЕН, доцент ка- федры экологии, кандидат биологических наук | 1-4 | |
| Бобров Юрий Александрович | Доцент кафедры экологии, кандидат биологических наук | 1-4, прило- жения 1-14 | |
| Братцев Андрей Адольфович | Доцент кафедры экологии, кандидат географических наук | 1-4 | |
| Тикушев Павел Валерьевич | Генеральный директор ООО «Центр ЭкоГИС» | Приложения 15, 16 | |

Реферат отчета

В отчете представлены учебные планы, рабочие программы и учебно-методические комплексы для обучения различных целевых групп методам экологического мониторинга. Приводится информация о проведенных обучающих семинаров по обучению методам мониторинга на ООПТ. Отобраны и адаптированы методики ведения экологического мониторинга для школьников и студентов. Учебно-методические комплексы представлены в 16-ти приложениях, посвященных различным методам изучения природных комплексов.

Содержание

| | | |
|---|--|-----|
| | Введение | 6 |
| 1 | Рабочие программы и учебные планы для проведения занятий по обучению методам проведения экологического мониторинга для различных целевых групп | 8 |
| 2 | Проведение обучающих семинаров по методам осуществления экологического мониторинга | 11 |
| 3 | Методики проведения экологического мониторинга на особо охраняемых природных территориях в Республике Коми | 32 |
| 4 | Учебно-методические комплексы по проведению экологического мониторинга на особо охраняемых природных территориях в Республике Коми | 33 |
| | Заключение | 40 |
| | Выводы и рекомендации | 40 |
| | Список литературы | 41 |
| | Приложение 1. Бланк для описания лесного фитоценоза | 42 |
| | Приложение 2. Некоторые растения-индикаторы глубины залегания грунтовых вод | 52 |
| | Приложение 3. Методы определения некоторых свойств почвы в поле | 54 |
| | Приложение 4. Методика взятия смешанного образца | 57 |
| | Приложение 5. Фенологические фазы, отмечаемые у растений | 59 |
| | Приложение 6. Шкала жизненности растений | 62 |
| | Приложение 7. Наиболее распространённые шкалы обилия (встречаемости) | 64 |
| | Приложение 8. Бланк для описания травянистых фитоценозов | 66 |
| | Приложение 9. Бланк для описания водоёма | 73 |
| | Приложение 10. Методика определения экологического типа водоёма | 78 |
| | Приложение 11. Методики определения некоторых органолептических показателей водоёма | 81 |
| | Приложение 12. Методики вспомогательных исследований | 83 |
| | Приложение 13. Программа фенологических наблюдений | 89 |
| | Приложение 14. Матрица фенологических наблюдений за фитоценозом | 98 |
| | Приложение 15. Методы дистанционного зондирования Земли для экологического мониторинга ООПТ | 100 |
| | Приложение 16. Основы работы с программой QGIS | 152 |

Введение

Для эффективного выполнения цели укрепления системы особо охраняемых территорий Республики Коми важной задачей является обучение людей, которые в силу своей профессиональной деятельности, либо на добровольческой основе осуществляли бы сбор данных для системы экологического мониторинга. Компетентное выполнение работ по сбору сведений о состоянии окружающей среды, природных комплексов и их компонентов подразумевает овладение методиками проведения мониторинга. Поэтому необходимо проведение серии обучающих семинаров, рассчитанных на разные целевые группы потенциальных участников будущей системы экологического мониторинга.

Целью проекта является создание эффективно управляемой сети мониторинга особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в Республике Коми. Необходимыми задачами для достижения поставленной цели являются:

- нормативное и методическое обеспечение эффективного управления и охраны ООПТ в соответствии с действующими положениями;
- обучение волонтеров и повышение квалификации специалистов, участвующих в сборе данных в ходе проведения экологического мониторинга на территории ООПТ;
- проведение тематических семинаров повышения квалификации специалистов природоохранных ведомств, ООПТ и ГБУ РК «Центр по ООПТ» по управлению ООПТ регионального значения.

Значительную роль в выполнении данного проекта занимает проведение обучающих семинаров по методам осуществления экологического мониторинга для различных целевых групп людей:

- обучающиеся общеобразовательных учреждений;
- студенты ВУЗов и другие неквалифицированные специалисты;
- квалифицированные специалисты, занимающиеся научными исследованиями, включая аспирантов и молодых ученых;
- сотрудники природоохранных ведомств, учителя и преподаватели.

Семинары предусматривают как теоретические, так и практические занятия с выездом на модельные территории, предусматривающие овладение применяемыми методами. Проведение семинаров обеспечивается необходимыми методическими и техническими средствами. В том числе, предусмотрен выпуск учебно-методических пособий для разных целевых групп.

Далее на схеме 1 показаны цель и задачи проведения обучающих семинаров. В таблице 1 обозначены основные компетенции, которыми должны овладеть обучающиеся и требуемый минимальный уровень овладения ими у разных целевых групп.

С учетом приведенных компетенций составлены учебные планы для различных целевых групп. Основными элементами учебных планов являются учебные модули, которые могут быть встроены как в уже существующие учебные дисциплины, так и преподаваться в виде отдельных дисциплин.

Схема 1. Цель и задачи обучения методам экологического мониторинга

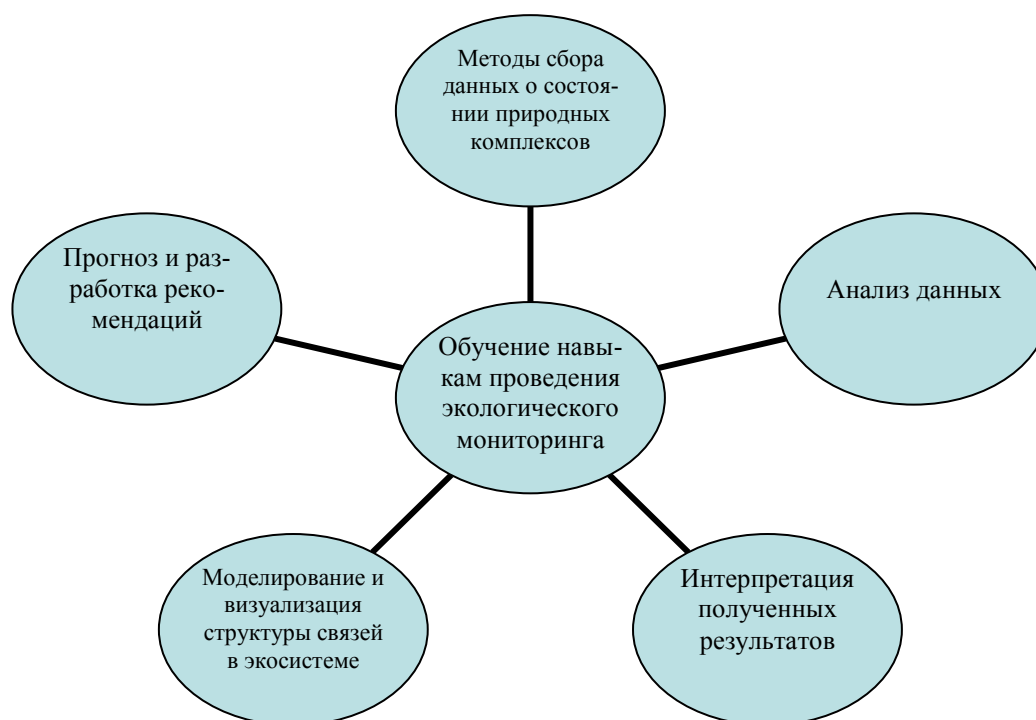


Таблица 1. Компетенции в области экологического мониторинга и минимально необходимый уровень овладения ими для различных целевых групп

| Компетенции | Школьники | Студенты | Сотрудники природоохранных структур | Магистранты, аспиранты и молодые исследователи |
|---|-----------|----------|-------------------------------------|--|
| Основные понятия и концепции экологического мониторинга | + | +++ | +++ | +++ |
| Знания нормативно-правовых основ охраны природы и экологического мониторинга | + | ++ | +++ | +++ |
| Знания о структурной организации и функциях экосистем | + | ++ | ++ | +++ |
| Знания о природных процессах и динамике экосистем | + | ++ | ++ | +++ |
| Знания о видовом разнообразии основных таксономических групп растительного и животного мира | + | ++ | ++ | +++ |
| Знания о потенциальных угрозах и индикаторах состояния экосистем | + | +++ | +++ | +++ |
| Методы наблюдений за природными процессами и визуальной оценки состояния экосистем | ++ | +++ | +++ | +++ |
| Биологические методы исследования экосистем | + | ++ | ++ | +++ |
| Инструментальные физические и химико-аналитические методы изучения природных комплексов | | ++ | ++ | +++ |
| Методы почвоведения | + | ++ | ++ | +++ |
| Гидрологические методы | + | ++ | ++ | +++ |
| Геоинформационные методы | | ++ | +++ | +++ |

1. Рабочие программы и учебные планы для проведения занятий по обучению методам проведения экологического мониторинга для различных целевых групп

Обучающиеся средних общеобразовательных учреждений

Для школьников введение в экологический мониторинг возможно двумя способами.

Вариант 1. Материал представляется в форме учебных модулей по следующим темам:

- «Природные экосистемы Севера»
- «Биологическое разнообразие Севера»
- «Особо охраняемые природные территории Республики Коми»
- «Методы экологического мониторинга»
- «Экологические основы рационального использования природных ресурсов»
- «Охрана окружающей среды и устойчивое развитие»

Модули могут быть включены в курсы:

География, Биология, Химия, Обществоведение

Вариант 2. В школе или образовательном учреждении дополнительного образования можно организовать отдельный кружок, на котором бы изучалась местная природа. В программу кружка можно было бы включить обучающие модули по основным типам особо охраняемых природных территорий данного района. Начинать следует с более понятной темы о лесных заказниках. Завершать же цикл занятий следует темой «Комплексные заказники, поскольку в них охраняется весь природный ландшафт. Итак, в данном варианте выделяются следующие учебные модули:

- «Лесные заказники»
- «Флористические и луговые заказники и памятники природы»
- «Болотные заказники и памятники природы»
- «Ихтиологические заказники и памятники природы»
- «Геологические памятники природы»
- «Комплексные заказники»

Структура раскрытия тем:

1. Компоненты экосистемы
2. Основные представители растительного и животного мира
3. Выполняемые природные функции
4. Уязвимые компоненты экосистемы
5. Особенности правового режима
6. Основные методы изучения экосистемы данного типа
7. Разрешенные виды деятельности. Принципы рационального использования природных ресурсов данной экосистемы
8. Запрещенные виды деятельности
9. Социально-экологические аспекты сохранения экосистем данного типа

Студенты высших учебных заведений

Одна из важнейших компетенций студента-эколога – это овладение принципами, теоретическими знаниями и методами ведения экологического мониторинга. Целый круг дисциплин так или иначе связан с данной темой.

«Учебная практика»

Проходит в летнее время по окончании сессии на первом и втором курсах. Во время учебной практики – самое время обучит студентов основным методам сбора данных.

«Экологический мониторинг»

Среди дисциплин профессионального цикла есть дисциплина, которая так и называется «Экологический мониторинг». Изучается она на третьем курсе. Это большая дисциплина, которая завершается сдачей экзамена. На ней студенты в явном виде получают информацию о принципах и методах ведения экологического мониторинга.

га, на лабораторных занятиях отрабатываются практические навыки анализа природных сред и анализа экологической информации.

«Особо охраняемые природные территории»

Поскольку речь идет об экологическом мониторинге на особо охраняемых природных территориях, важную часть в обучении студентов занимает и дисциплина «Особо охраняемые природные территории», на которых обсуждаются различные аспекты охраны дикой природы. Дисциплина читается на третьем курсе.

«Охрана окружающей среды»

Как вариант, информация об ООПТ может быть изложена и при изучении дисциплины «Охрана окружающей среды», который входит состав учебного плана бакалавров.

«Прикладная экология»

Данная дисциплина выполняет пропедевтическую функцию. В ней вводятся начальные знания о прикладных аспектах экологии. В качестве тем в рабочей программе данной дисциплины присутствует информация и об экологическом мониторинге, и об ООПТ.

«Основы природопользования»

Создание особо охраняемых природных территорий не означает полного изъятия этих земель из хозяйственного пользования. На территории заказников часто разрешены традиционные формы природопользования, рекреация и туризм. Данные формы природопользования рассматриваются в качестве тем на курсе «Основы природопользования», который также преподается на третьем году обучения студентов экологов.

«Нормирование и снижение загрязнения окружающей среды»

Одним из способов защиты природных комплексов от негативных последствий деятельности человека является экологическое нормирование. Данная дисциплина непосредственно связана и с предметом «Экологический мониторинг». Этот курс также читается в третий год обучения студентов

«Правовые основы природопользования и охраны окружающей среды»

«Оценка воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду»

«Экологическая экспертиза (и аудит)»

Перечисленные три дисциплины изучаются студентами на четвертом курсе. На «Правовых основах...» студенты знакомятся с основными правовыми актами, регулирующими природоохранную деятельность в России. Естественно, среди них есть и ФЗ «Об охране окружающей среды» и ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях». В ходе изучения курса «ОВОС» студенты овладевают методами оценки потенциальных угроз для природных комплексов при планируемой хозяйственной деятельности. Методы ОВОС во многом похожи на методы экологического мониторинга. При изучении дисциплины «Экологическая экспертиза» происходит более углубленное знакомство с технологией анализа природоохранной документации. ООПТ часто попадают в зону действия хозяйствующих субъектов, поэтому при проведении экологической экспертизы и аудита важно обращать внимание на то, каким образом предприятие планирует осуществлять или осуществляет экологический контроль за последствиями своей деятельности, которой могут быть затронуты и ценные природные комплексы.

«Основы биологического мониторинга». «Биоиндикация и биотестирование».

Эти курсы более подробно знакомят студентов с разнообразными биологическими методами оценки состояния природной среды.

«Водные экосистемы Севера»

Для охраны ихтиологических заказников и водных памятников природы важно знать как устроены и функционируют водные экосистемы, как реки, так и озера различных типов.

«Экология бореальных лесов»

Наибольшие площади ООПТ в Республике Коми заняты таежными лесами. Для правильной организации природопользования на лесных территориях, и организации систем экологического мониторинга в лесах важно дать студентам знания о структур-

но-функциональной организации лесных экосистем, и обучить их навыкам лесобиологических исследований.

«Болотоведение»

Наибольшее количество заказников в Республике Коми – болотные. Важной частью обучения специалистов-экологов является ознакомление их со структурой, функциями, типологией и биологическим разнообразием болотных экосистем.

«Биоразнообразие». «Теория и практика сохранения редких видов»

Одной из целей создания ООПТ и ведения экологического мониторинга является сохранение биологического разнообразия. Курс для бакалавров «Биоразнообразие» и для магистрантов «Теория и практика сохранения редких видов» представляют собой важное звено в развитии профессиональных компетенций будущих выпускников – экологов.

«Геоинформационные системы в экологии и природопользовании». «Экологическое картографирование».

Современная работа эколога немыслима без владения методами геоинформационного анализа. Одной из наиболее распространенных форм визуализации экологической информации является составление карт. При ведении экологического мониторинга эти технологии также широко применяются. Поэтому данные дисциплины также важны для становления профессионального опыта будущего эколога.

Среди базовых дисциплин для экологов, которые будут осуществлять мониторинг особо охраняемых природных территорий, важно также хорошее владение материалом таких дисциплин, как «Учение о гидросфере», «Почвоведение», «Ландшафтоведение», «Экология организмов».

Послевузовское образование

Для людей, уже прошедших обучение в вузе, важнейшей задачей является непрерывный профессиональный рост. А такой рост невозможен без овладения современными методами сбора, анализа и обработки экологической информации. На наш взгляд, именно методам должно быть уделено наибольшее внимание при обучении аспирантов и молодых исследователей. Предлагаемые учебные модули:

«Физические методы контроля безопасности и качества окружающей среды»

«Современные химико-аналитические методы в экологическом мониторинге»

«Оценка биологического разнообразия и технологии его сохранения»

«Экосистемные функции природных комплексов»

«Микробиологические и биохимические методы в экологическом мониторинге»

«Статистические методы анализа экологических данных»

«Дистанционное зондирование земной поверхности в экологическом мониторинге»

«Геоинформационные системы в экологическом мониторинге»

«Системная динамика и моделирование экосистем»

Повышение квалификации сотрудников природоохранных структур

Для сотрудников, работающих на государственной службе, наибольшее значение имеет знание и владение правовыми, социальными и экономическими аспектами природоохранной деятельности в целом, экологического мониторинга, в частности. С учетом сказанного, для повышения квалификации сотрудников, работающих в сфере государственного и муниципального управления, в независимых природоохранных организациях, предлагаются следующие учебные модули:

«Правовые и нормативные основы экологического мониторинга»

«Экологическая экспертиза и аудит систем экологического контроля и мониторинга»

«Метрологическое обеспечение систем экологического мониторинга»

«Экономика сохранения природных экосистем»

«Информационные системы в управлении охраной окружающей среды»

«Социально-экологические аспекты сохранения природных экосистем и рационального природопользования»

2. Проведение обучающих семинаров по методам проведения экологического мониторинга для различных целевых групп

Обучающие семинары со студентами первого курса проводились в ходе летней учебной практики. Тематика занятий включала в себя:

- «Методы съемки местности»
- «Составление плана местности»
- «Методы сбора и гербаризации растений»
- «Методы геоботанических описаний»
- «Полевые методы изучения почв»
- «Гидрологические методы исследования водотоков»
- «Методы изучения стоячих водоемов»
- «Темнохвойный лес» (на примере заказника «Важъелью»)
- «Болото» (на примере заказника «Додзьнюр»)

В ходе практики был осуществлен экспедиционный выезд, во время которого были выполнены мониторинговые исследования светлохвойных лесов различных вариантов в пределах северной части заказника «Белый». По приезду с экспедиции были проведены занятия, посвященные геоинформационным методам в экологическом мониторинге. Также были проведены занятия по изучению синантропной растительности в пределах города Сыктывкар. В пойме р. Вычегда проводились занятия по изучению луговых и прибрежно-водных экосистем. Студенты были обучены методам обработки и анализа географической и геоботанической информации (фото 3.1).



Фото 3.1. На занятии в заказнике «Белый» со студентами I курса (фото С.Н. Плюснина)

В начале нового учебного года в рамках изучения дисциплины «Основы биологического мониторинга» проводились занятия со студентами-экологами 4 курса. Практические занятия проходили в форме выездных экскурсий в заказник «Белоборский». В данном заказнике встречаются как пойменные комплексы, так и леса, болота и водоемы различных типов. На занятиях студенты отрабатывали и углубляли навыки применения для оценки состояния природной среды биологических методов мониторинга (фото 3.2). В проведении занятий помогали студенты 5 курса, проходящие на кафедре экологии педагогическую практику (фото 3.3).



Фото 3.2. На занятии в заказнике «Белоборский» студенты IV курса отрабатывают методику описания эпифитных лишеносинузий (фото В. Бирюковой)



Фото 3.3. Студенты V курса обучают студентов III курса методикам описания луговых фитоценозов в заказнике «Белоборский» (фото С.Н. Плюснина)

Тематика обучающих семинаров цикла «Школа экологического мониторинга»

На базе Института естественных наук в I семестре 2013 / 2014 учебного года проводится серия обучающих семинаров под названием «Школа экологического мониторинга». В ходе работы школы преподаватели обучают студентов и учащихся Лицея при СыктГУ разнообразным методам, используемых в экологическом мониторинге, а студенты представляют результаты своих исследований, проведенных на территории заказников «Белый» (экологи), «Белоярский» (биологи), и других, если они выезжали на ООПТ в ходе производственной практики (студенты старших курсов).

На установочную конференцию качестве лекторов будут приглашены к выступлениям преподаватели СыктГУ, сотрудники ГБУ РК «Республиканский центр обеспечения функционирования особо охраняемых природных территорий и природопользования» и научные сотрудники Института биологии Коми НЦ УрО РАН для ознакомления с опытом проведения длительных мониторинговых исследований и подготовленной программой проведения экологического мониторинга на ООПТ Республики Коми. Ориентировочное расписание занятий приведено в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Расписание занятий школы экологического мониторинга

| Тема | Выступающий | Дата |
|---|--|-------------|
| Установочная конференция: | | 03.10 |
| 1. Экологический мониторинг как инструмент управления охраной окружающей среды | И.Н. Юранёва | 03.10 |
| 2. «Концепция и программа экологического мониторинга ООПТ Республики Коми» | С.Н. Плюсин | 03.10 |
| 3. «Опыт мониторинговых исследований на территории Ляльского лесобиологического стационара Института биологии КомиНЦ УрО РАН» | С.В. Загирова | 03.10 |
| Обучающая часть: | | 10.10-29.11 |
| 4. «Опыт мониторинговых исследований на территории заказника «Белоярский» на базе биологической станции Сыктывкарского государственного университета» | Э.И. Бознак, Е.А. Голикова, А.Ф. Ишкаева, В.Г. Степанов | 10.10 |
| 5. «Принципы мониторинга лесных экосистем» | Ю.А. Бобров | 17.10 |
| 6. «Принципы мониторинга болотных экосистем» | Н. Гончарова | 17.10 |
| 7. «Принципы мониторинга луговых экосистем» | Г.С. Шушпанникова, Т.В. Новаковская | 17.10 |
| 8. «Принципы мониторинга водных экосистем» | Е.Н. Патова | 17.10 |
| 9. «Гидрологические и метеорологические методы в экологическом мониторинге» | А.А. Братцев | 24.10 |
| 10. «Использование ГИС-технологий в эко мониторинге» | П.В. Тикушев | 24.10 |
| 11. «Химико-аналитические методы в экологическом мониторинге» | И.Ф. Груздев | 31.10 |
| 12. «Методы почвенно-экологического мониторинга» | А.А. Дымов | 31.10 |
| 13. «Наземные беспозвоночные в экологическом мониторинге» | А.Ф. Ишкаева, О.А. Газизова | 7.11 |
| 14. «Методы учета птиц и млекопитающих при проведении экологического мониторинга» | Е.А. Голикова | 7.11 |
| 15. «Изучение ихтиофауны при проведении экологического мониторинга» | Э.И. Бознак | 14.11 |
| 16. «Водные беспозвоночные в экологическом мониторинге» | М.А. Батурина | 14.11 |
| 17. «Альгологические методы при проведении экомониторинга» | Е.Н. Патова | 14.11 |
| 18. «Методы физиологии растений в экологическом мониторинге» | Н.В. Орловская | 21.11 |
| 19. «Исследование микобиоты при проведении экологического мониторинга» | Н.Н. Шергина | 21.11 |
| 20. «Мхи и лишайники в экологическом мониторинге» | С.Н. Плюсин | 28.11 |
| 21. «Популяционный мониторинг за редкими видами сосудистых растений на территории ООПТ» | Ю.А. Бобров | 28.11 |
| Итоговая конференция | | 6.12 |

К проведению занятий со школьниками и студентами младших курсов были привлечены студенты, проходящие педагогическую практику. Далее приведены некоторые примеры проведенных занятий.

Примеры занятий со школьниками (составитель – О.А. Рогозина, магистрант I курса)

Урок 1. Экскурсия в заказник «Белоборский»

Цель урока – углубить и расширить знания у учащихся об особо охраняемых природных территориях, познакомить с комплексным заказником «Белоборский».

Задачи урока:

а) **образовательные** – дать понятия основным видам особо охраняемым природным территориям, различным видам лугов, изучить биологическое разнообразие заказника, определить экологические основы рационального природопользования в данном заказнике.

б) **развивающие** – учащиеся должны развивать умения анализировать и обобщать, рефлексировать, слушать; развить диалектико-материалистические взгляды на природу.

в) **воспитательные** – воспитывать личную ответственность и ответственность перед другими учащимся, бережное отношение к природе, учиться работать в команде.

Оборудование:

1. Блокнот
2. Карандаш
3. Карточки с заданием
4. Фотоаппараты

Место проведения: комплексный заказник «Белоборский».

Подготовка учителя к экскурсии

1. Выбрать конкретное месторасположение для проведения экскурсии.
2. Приготовить карточки с заданиями.
3. Провести инструктаж учащимся о правилах поведения в заказнике.

Подготовка учащихся к экскурсии

1. Подготовить необходимое оборудование для лучшего закрепления нового материала (блокноты, ручки, фотоаппараты).
2. Изучить дополнительную литературу об особо охраняемых природных территориях, о пойменных лугах и о животных этих мест.

Ход урока

Сохранение жизни на Земле – главная задача всего человечества. Из-за активных и неразумных действий человека многие природные ландшафты теряют свою былую красоту, большое количество видов животных и растений исчезают как в отдельных регионах, так и на планете в целом. Одна из основных причин уменьшения биоразнообразия – активное преобразование природных территорий.

С целью сохранения естественных ландшафтов и многих видов растений и животных, в нашей стране законодательно определены территории с различными степенями охраны. Они называются Особо Охраняемые Природные Территории.

Ребята, какие ООПТ вы можете, знаете уже, или слышали, или, может даже бывали там? (ребята высказывают свои предположения)

Правильно! Помимо перечисленных вами ООПТ, существуют ещё и.....(учитель дополняет учащихся, если они не назвали какой-либо вид ООПТ). А теперь вместе попробуем понять, чем отличается каждая ООПТ от других. Определения запишите, пожалуйста, в свои блокноты.

Заповедник – имеет строгий режим охраны: на заповедную территорию заход человека запрещён, кроме охраны и учёных.

Биосферный заповедник – имеет строго охраняемые участки, зоны посещения туристами, зоны отдыха и хозяйственно освоенные территории.

Какой в Республике Коми существует биосферный заповедник? (ребята пытаются ответить на вопрос)

Памятники природы – обычно небольшие по площади территории или объекты природы, имеющие особую научную или культурно-эстетическую ценность.

Назовите известный вам памятник природы в Республике Коми. (школьники выдвигают свои предположения)

Ботанический сад – территория, на которой с научно-исследовательской, просветительской и учебной целью культивируются, изучаются и демонстрируются коллекции живых растений разных частей света и различных климатических зон.

Природный национальный парк – образуется на территории, нуждающейся в восстановлении природы.

Назовите национальный парк Республики Коми. (ученики дают свои ответы)

Заказник – это временно охраняемая территория для сохранения отдельных ландшафтов и видов растений и животных. Хозяйственная деятельность допускается, если она не несёт ущерба охраняемым территориям или видам.

Сегодня наш урок посвящён комплексному заказнику «Белоборский». Данный заказник был создан 26 сентября 1989 года с целью сохранения природного комплекса средней тайги, включая животный и растительный мир среднего течения р. Вычегды и острова Нидзъяс. Общая площадь – 9000 га. Заказник расположен на территории г. Сыктывкара республиканского назначения и подчинённой ему территории, в бассейне р. Вычегды (правы берег) и острова Нидзъяс. Растительность резервата представлена сосновыми, смешанными и мелколиственными с примесью хвойных пород лесами. Особо выделяются сосняки лишайниковые и сосняки зеленомошники. В данном заказнике также есть небольшие болота переходного типа и низинные, перелески, озёра-старички и луга различного флористического состава.

Ребята, скажите, а чем отличаются луга от других растительных сообществ? (учащиеся предлагают свои варианты)

Как вы думаете, все ли луга одинаковые, или есть отличия? (школьники дают свои ответы)

Сейчас я вам предлагаю разбиться на группы и выполнить задание по карточке. Внимательно рассмотрите луг, на котором вы находитесь сейчас, и опишите его: в какой местности или зоне располагается данный луг, мощность травостоя, а позже мы определим, к какому типу относится наш луг. *(ребята получают карточки с заданием и приступают к его выполнению)*

А теперь давайте проверим задание. Каждая группа по очереди читает описание луга. Я попрошу вас зафиксировать у себя в блокнотах ту информацию, которую я вам сейчас предложу.

Каждый луг имеет свои отличительные признаки, поэтому принято выделять несколько видов лугов:

- Материковые луга – луга, расположенные на равнинах вне пойм. Распространены в лесной, лесостепной и степной зонах.
- Суходольные луга располагаются на равнинах и склонах, орошаемых исключительно влагой атмосферных осадков, формируются на месте отступивших лесов и характеризуются относительно слабыми травостоями.
- Низинные луга формируются в лесостепных районах, обладают развитым травянистым покровом, имеют дополнительное питание из водных источников.
- Пойменные луга – луга, лежащие в долинах рек, зачастую заливаются во время половодий, образуя заливные луга.
- Горные луга или субальпийские - луга, встречающиеся в горных местностях, выше верхней границы леса или на месте искоренённых горных лесов, в районах с тёплым и влажным климатом. Выше горных лугов располагаются альпийские луга.

Итак, теперь мы можем сопоставить ваше описание и ту информацию, которую вы получили, и назвать, к какому типу лугов относится наш. *(ребята высказывают свои предположения)*

Сейчас каждая группа показывает нам растения, которые им удалось найти по изображениям и называет семейство, к которому оно принадлежит. *(ребята показывают растения и называют, как они определили семейство)*

А в какой области могут быть применены данные растения? (школьники отвечают на вопрос)

А вы знаете, что в заказнике «Белоборском» в небольшом виде произрастают два вида северных орхидей, нуждающихся в биологическом надзоре, - пальчатокоренник Фукса и любка двулистная *(по возможности учитель демонстрирует школьникам данные виды)*. В старовозрастных сосняках и пойменных ельниках встречены охраняемые в республике лишайники: акрокордия почечная, фускопаннария сомнительная и псевдверния зернистая.

Каких животных вам удалось сегодня увидеть? (ребята отвечают на вопрос)

Озёра, пойменные луга и заболоченные низины являются местами гнездования водоплавающей дичи, преимущественно уток (кряква, чирок, шилохвость, свиязь, гоголь, широконоска). Во время осеннего и весеннего перелётов на луга и озёра садятся лебеди и гуси. Из боровой дичи встречаются рябчик, тетерев и глухарь. Водятся также зайцы, белки, бурундуки, лисицы. В 1960-1980-е годы на территорию заказника заходила группировка оленя северного дикого. Ихтиофауна представлена карасём, щукой, окунем, сорогой, ершом, лещом и язем.

В каждом заказнике есть свои правила, которые должен соблюдать каждый человек. Давайте вместе подумаем, что же разрешено делать в заказнике «Белоборский», а чего не следует. *(учащиеся высказывают свою точку зрения)*

Но не все люди ответственно относятся к окружающей среде. Заказник «Белоборский» не только страдает от естественных факторов, влияющих на его состояние, но в большем случае – от самих людей: мусор, браконьерство. Каждому из нас требуется эстетическое удовлетворение, так давайте же начнём с себя, начнём уважать природу, и тогда она станет намного чище. Как говорил великий писатель Фёдор Достоевский: «Кто не любит природу, тот не любит человека, тот не гражданин».

Ребята, запишите, пожалуйста, домашнее задание: подготовить два доклада, об одном растении и животном заказника «Белоборский», не забыть указать его значение для человека. *(школьники записывают домашнее задание)*

Спасибо за урок, до свидание!

Приложение

Карточка с заданием

1. Опишите луг заказника «Белоборский»: в какой местности или зоне он располагается, мощность травостоя.
2. По изображениям найти растение, дать ему название. По книгам определить, к какому семейству относятся данные растения.
3. Назовите животных, которые вам встретились.
4. Сфотографируйте наиболее интересные для вас виды растений и животных.

Изображения растений (на картинке пишется только латинское название)



Клевер ползучий (*Trifolium repens*)

Бобовые



Горошек мышиный (*Vicia cracca*)



Чина луговая (*Lathyrus pratensis*)

Рисунок 3.1. Карточки с изображениями растений семейства Бобовых

Лютиковые



Лютик ползучий
(*Ranunculus repens*)



Купальница европейская
(*Trollius europaeus*)

Рисунок 3.2. Карточки с изображением растений семейства Лютиковые

Розоцветные



Таволга вязолистная
(*Filipendula ulmaria*)



Манжетка обыкновенная
(*Alchemilla vulgaris*)

Рисунок 3.3. Карточки с изображением растений семейства Розоцветные

Подорожниковые



Подорожник средний
(*Plantago media*)

Гречишные



Щавель кислый
(*Rumex acetosa*)

Рисунок 3.4. Карточки с изображением растений семейств Подорожниковые и Гречишные

Гвоздичные



Гвоздика травянка (*Dianthus deltoides*)



Горицвет кукушкин (*Lychnis flos-cuculi*)

Рисунок 3.5. Карточки с изображением растений семейства Гвоздичные

Зонтичные



Тмин обыкновенный
(*Carum carvi*)



Бедренец камнеломковый
(*Pimpinella saxifraga*)

Рисунок 3.6. Карточки с изображением растений семейства Зонтичные

Сложноцветные



Нивяник обыкновенный
(*Leucanthemum vulgare*)



Василёк луговой
(*Centaurea jacea*)



Ромашка пахучая
(*Matricaria discoidea*)

Рисунок 3.7. Карточки с изображениями растений семейства Сложноцветные

Колокольчиковые



Колокольчик раскидистый
(*Campanula patula*)



Колокольчик скученный
(*Campanula glomerata*)

Рисунок 3.8. Карточки с изображениями растений семейства Колокольчиковые

Норичниковые



Погремок малый
(*Rhinanthus minor*)

Валериановые



Валериана лекарственная
(*Valeriana officinalis*)

Рисунок 3.9. Карточки с изображениями растений семейств Норичниковые и Валериановые

Урок 2. Экскурсия в заказник «Белый»

Цель урока – углубить и расширить знания у учащихся о комплексном заказнике «Белый».

Задачи урока:

а) **образовательные** – дать основные понятия различным видам леса, изучить биологическое разнообразие заказника, методы экологического мониторинга, определить экологические основы рационального природопользования в данном заказнике.

б) **развивающие** – учащиеся должны развивать умения анализировать и обобщать, рефлексировать, слушать; развить диалектико-материалистические взгляды на природу.

в) **воспитательные** – воспитывать личную ответственность и ответственность перед другими учащимися, бережное отношение к природе, учиться работать в команде.

Оборудование:

5. Блокнот
6. Карандаш
7. Карточки с заданием
8. Фотоаппараты

Место проведения: комплексный заказник «Белый».

Подготовка учителя к экскурсии

4. Выбрать конкретное месторасположение для проведения экскурсии.
5. Приготовить карточки с заданиями.
6. Провести инструктаж учащимся о правилах поведения в заказнике.

Подготовка учащихся к экскурсии

3. Подготовить необходимое оборудование для лучшего закрепления нового материала (блокноты, ручки, фотоаппараты).
4. Изучить дополнительную литературу о сосновых борах и о животных этих мест.

Ход урока

В своё время древнеримский политик и философ Марк Цицерон сказал: «Нет ничего более изобретательного, чем природа». И сегодня наш урок посвящён одному из самых прекрасных изобретений природы – сосновый бор, который мы видим здесь, в комплексном заказнике «Белый».

Этот заказник был создан 26 сентября 1989 года. Местоположение – Усть-Вымский и Сыктывдинский районы Республики Коми. Площадь – 7757 га. Цель создания данного заказника: сохранение уникальных сосновых лесов (боров) различного возраста, сохраняющихся в эталонном состоянии, а также напочвенного мохово-лишайникового покрова. Под пологом лишайникового бора всегда легко дышится, а воздух наполнен ароматами хвои и смол, что благоприятно влияет на здоровье человека. Другой достопримечательностью старовозрастных сосновых боров является повышенный шанс нахождения грибницы особо ценного с точки зрения кулинарии белого гриба (боровика).

Ребята, а где можно использовать сосну и какие её части? (ребята высказывают свои предположения)

Как вы знаете, большая часть Республики Коми покрыта хвойными лесами. Сегодня мы с вами подробно познакомимся с сосновыми лесами.

А какие ещё леса можно встретить на территории Республики Коми? (школьники выдвигают свои точки зрения)

Правильно, есть ещё у нас и еловые леса, но в мире существуют и другие типы. Итак, можно выделить следующую классификацию лесов, зафиксируйте, пожалуйста, это в своих блокнотах: 1) лиственные, которые делятся на мелколиственные (типичные представители: берёза, осина, ольха) и широколиственные (дуб, бук, граб, клён, ясень, вяз); 2) хвойные, они делятся на еловые и сосновые; 3) смешанные (смешение лиственных и хвойных древесных пород, здесь лиственные породы чуть преобладают над хвойными).

Так как в заказнике «Белый» из деревьев преобладает сосна, то и лес или бор будет называться сосновым.

Теперь я попрошу вас разбиться на группы и взять карточки с заданием (Приложение). Далеко от данного места не отходим, после выполнения заданий, возвращаемся обратно.

А сейчас проверим задание (*учитель показывает изображение листьев кустарников и читает описание трав у каждой группы, ребята показывают кустарники и травы и дают название; учитель читает вопросы из карточек, учащиеся отвечают на них*).

А вы знаете, что в Красную Книгу РК занесены три вида растений: пальчатокоренник пятнистый, сон-трава или прострел раскрытый и мятлик расставленный, описан один вид мхов, один вид грибов и семь видов лишайников (*по возможности учитель показывает данные виды*).

Каких животных вам удалось увидеть? (учащиеся дают ответы)

А какие животные ещё могут обитать в сосновых борах? (учащиеся высказывают своё мнение)

Правильно, такие животные типичны для сосновых боров. Ребята, а вы знаете, для того, чтобы определённую территорию сделать ООПТ, необходимо выявить уровень загрязнения того, или иного участка, посчитать количество видов животных и растений, определить их состояние и т.д. Для этого используют различные методы экологического мониторинга, т.е. наблюдения за изменением состояния окружающей среды. Запишите, пожалуйста, в свои блокноты новую информацию. Существуют три метода: контактные (химические, физико-химические, физические), дистанционные (космические и геофизические), биологические (биоиндикация и биотестирование).

А как вы думаете, чем отличается биоиндикация от биотестирования? (школьники высказывают свою точку зрения)

Как раз с помощью экологических наблюдений было выявлено, что на уникальные экосистемы сосновых боров из года в год увеличивалась рекреационная нагрузка (сбор грибов, охота, отдых), загрязнялась ОС, вырубались леса – всё это послужило толчком для введения режима ограниченного природопользования. В данный момент сезонная посещаемость заказника строго регулируется, для проезда требуется пропуск.

А давайте подумаем, что ещё разрешено и что запрещено на территории заказника «Белый»? (учащиеся выдвигают предположения, учитель обобщает ответы)

Наш урок я хочу закончить словами русского поэта К. Паустовского: «Охранять природу – значит охранять Родину». Так давайте же ответственно относиться к природе, контролировать свои поступки и желания, и беречь то, что больше ценно для нас в естественном, живом, виде.

Запишите, пожалуйста, задание на дом: написать сочинение-эссе на тему «Экскурсия в комплексный заказник «Белый»», найти интересные легенды про краснокнижные виды растений (*ребята записывают домашнее задание*).

Спасибо за урок! До свидания!

Приложение

Карточка с заданием

1. Определить по листовой пластинке и описанию кустарник, дать ему название.
2. Определить по описанию травы, дать им название.
3. В какой отрасли можно использовать данные кустарники и травы?
4. Какое количество ярусов вы можете выделить в данной экосистеме? Дать им название.
5. Записать примеры растений для каждого яруса.
6. Сделать фотографии наиболее интересных экземпляров.

Каждой группе даётся описание и изображение листьев не более двух кустарников и трав.

Изображения листьев кустарников



черемуха обыкновенная (*Padus racemosa*)



рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia*)

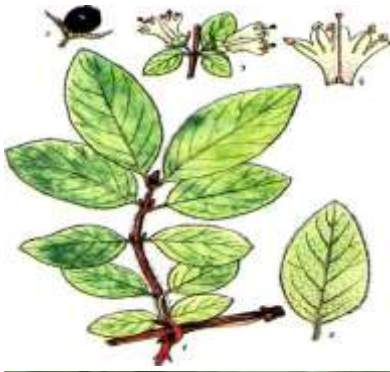


ольха серая (*Alnus incana*)



ива козья (*Salix caprea*)

Рисунок 3.10. Карточки с изображением листьев кустарников бореального леса



жимолость Палласа (*Lonicera pallasii*)



калина обыкновенная или красная (*Viburnum opulus*)



спирея средняя (*Spiraea media*)



смородина черная и красная (*Ribes nigrum*, *R. pubescens*)



шиповник игольный (*Rosa acicularis*)

Рисунок 3.11. Карточки с изображением листьев кустарников бореального леса

Описание растений

Черёмуха обыкновенная: цветки белые, имеют сильный запах, соцветие – продолговатая поникающая кисть; плод – шаровидная чёрная костянка; все надземные органы растения обладают характерным горьковатым запахом.

Рябина обыкновенная: цветки белые, сильно, но довольно неприятно пахнущие, собраны в сложные щитки на концах длинных веточек; плоды морозостойкие, шаровидной формы, оранжево-красные, по строению идентичны яблоку, но гораздо более мелкие.

Ольха серая: цветки мелкие, однополые, собраны в соцветия – серёжки, присём тычиночные соцветия тонкие, длинные, повислые, а пестичные короткие, овальные, напоминающие по внешнему облику маленькие шишечки; плоды – обратно-яйцевидные орешки с узкими, перепончатыми крыльями, созревающие в шишках.

Ива козья: цветки собраны в поникающие соцветия – кисти, подобные серёжкам, мужские цветки яйцевидной формы лимонно-жёлтого цвета, женские – цилиндрической формы, серые; плод – коробочка снабжён пушистыми летучками.

Жимолость Палласа: цветки собраны попарно в пазухах листьев на коротких цветоножках, светло-жёлтые, двугубые; плод – ягода, шаровидной или эллипсоидной формы чёрно-синего цвета.

Калина обыкновенная или красная: цветки белые или розоватые, правильные, собраны в сложно устроенный плоский щиток; плод – красная или чёрная яйцевидная или шаровидная костянка.

Спирея средняя: цветки белые, пятичленные, собраны в небольшие плоские щитки, сидящие на одной стороне ветвей (в виде «щётки»); плод – многолистовка опушённая.

Смородина чёрная и красная: цветки многочисленные, мелкие, розоватые, собраны в соцветие кисть; плод – пахучая ягода, чёрного или прозрачно-красного цвета, шаровидной формы, плоды собраны в кисть; листья издают сильный аромат.

Шиповник иглистый: цветки одиночные или по два-три, розовые или красноватые, душистые; «плоды» (разросшийся гипантий) поникающие, иногда прямостоячие, яйцевидные или эллиптические, или продолговатые, сужены при основании, красного цвета, увенчанные на верхушке сходящимися чашелистиками.

Овсяница овечья: семейство Злаки; листья тонкие, очень узкие, шероховатые, пластинки листа сложены вдоль; соцветие – продолговатая метёлка, с отклонёнными веточками; колоски эллиптические или продолговатые, светло-зелёные.

Хвощ зимующий: семейство Хвощёвые; стебли прямые, крепкие и жёсткие, рёбра стеблей всегда с двумя рядами кремезёмных бугорков, колосок овальный, острый.

Кошачья лапка двудомная: семейство Астровые; листья цельнокрайние, зелёные или с обеих сторон серебристые, войлочно-опушённые; цветки мелкие, собраны в щитковидные соцветия, мужские цветки белые, шарообразные, женские розоватые; плод – продолговатые семечки.

Седмичник европейский: семейство Первоцветы; листья собраны на конце стебля мутовкой в числе 6-7 штук, обратно-яйцевидные, продолговато-эллиптические или ланцетные; цветки обычно одиночные, реже два-три, белые; плод – многосеменные коробочки.

Занятия со студентами по геоинформационным методам

Цель: ознакомить учащихся с основными веб-серверами, предоставляющими геопространственную информацию.

Задачи:

- развитие у учащихся навыков получения геопространственной информации из сети Интернет.
- формирование научного мировоззрения;
- ознакомление учащихся с возможностями веб-картографии.

Оборудование: экран, проектор, ноутбук, подключение к сети Интернет практическое занятие проводится в компьютерном классе.

Занятия со студентами I курса
Тема - «Веб-картографирование»
(составитель – А. Ю. Боровлёв, студент V курса)

Практическая работа №1

Тема: «Основные веб-сервера геопространственной информации».

Развитие Интернета и особенно всемирной паутины (WWW) создало предпосылки для удобного доступа к геопространственной информации в сети с помощью обычных браузеров. Интернет-картографирование предусматривает доступность в сети обще-географических карт, а также к инструментальным средствам для решения более сложных прикладных задач в интерактивном режиме. Основной целью интерактивной веб-картографии является возможность отображения пространственной информации наиболее быстрым и простым путем, обеспечивающим ее успешное использование пользователями, которые не являются специалистами в области ГИС или картографии.

- | | |
|---|---|
| 1. maps.google.ru | 8. geabi-bi-os.com/html/services/maps/PublicMap.htm |
| 2. flashearth.com | 9. openstreetmap.org |
| 3. kosmosnimki.ru | 10. geoportal.ntsomz.ru |
| 4. mapper.acme.com | |
| 5. bing.com/maps/ | |
| 6. blue-marble.de | |
| 7. fourmilab.ch/cgi-bin/Earth | |

1. Ученикам предлагается посетить основные веб-сайты, предоставляющие картографическую информацию онлайн.

Практическая работа №2

Тема: «Программа SAS.Планета»

SAS.Планета — бесплатно распространяемая навигационная программа, объединяющая в себе возможность загрузки и просмотра карт и спутниковых фотографий земной поверхности большого количества картографических online-сервисов

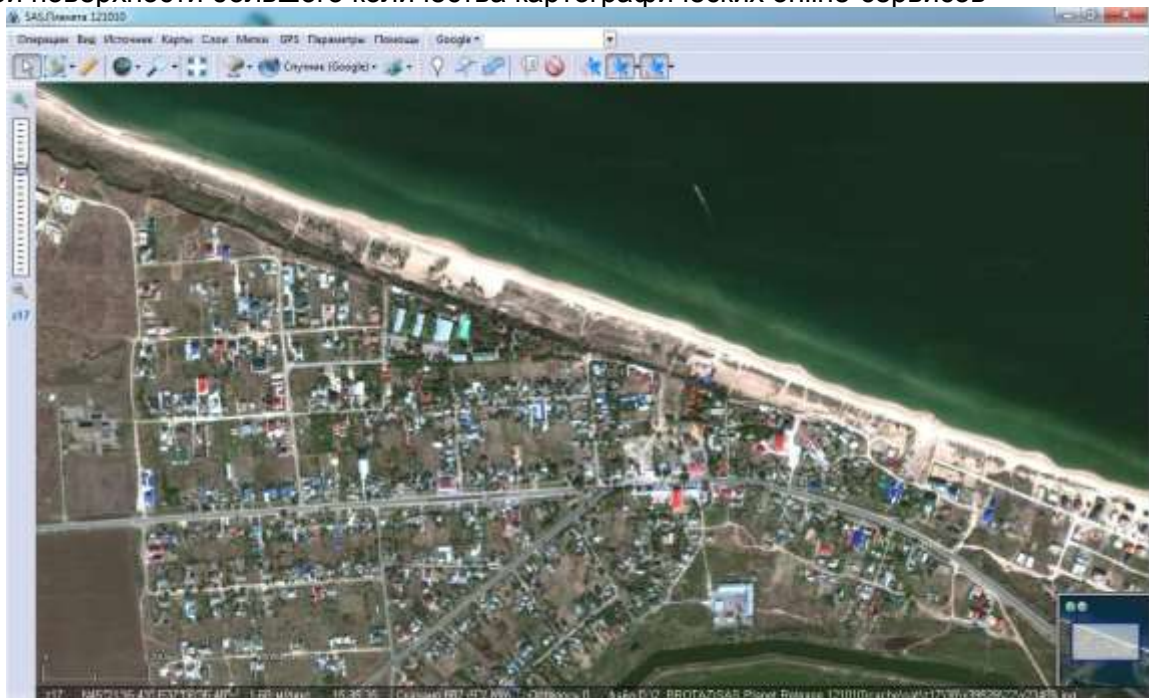


Рис. 3.12. Интерфейс программы SAS.Планета

SAS.Планета предоставляет единый интерфейс загрузки и обработки картографического материала, что помогает решить следующие проблемы:

- Несмотря на наличие в сети множества геосервисов, предоставляющих возможность просмотра картографического материала, все они разнятся в качестве и форматах, предоставляемых материалов (по таким параметрам как масштаб карт, охват территорий, отображаемые объекты и пр.), что затрудняет поиск нужной карты.
- Ограничения доступа к большинству таких сервисов, когда пользователь имеет возможность просмотра карты только в браузере, зачастую тратя лишний трафик на загрузку одних и тех же областей.
- Невозможность или трудность для пользователя отдельных геосервисов сохранить необходимый ему участок карты для того чтобы использовать его в своих нуждах (например, в программах для навигации).

В качестве плюсов программы можно выделить:

- Измерение расстояний;
- Формирование карты заполнения слоя — эта функция позволит просматривать загружены ли в кеш определённые области на карте;
- Сохранение части карты в одно изображение, которое можно просмотреть и обработать в любом графическом редакторе, а также использовать в других ГИС-приложениях.
- Сохранение мест на карте;
- Карта обзора — обозначает местоположение того объекта, который в данный момент просматривается, а также позволяет быстро перейти к любому другому месту на карте;
- Просмотр карты в полном экране — удобно при невысоком разрешении экрана;
- Конвертация из одного слоя всех предыдущих — эта опция позволяет существенно сократить расходуемый интернет трафик (например, можно скачать фото местности только в максимальном увеличении, а все остальные масштабы сформировать на его основе);
- Отображение файлов KML;
- Загрузка и отображение объектов wikimapia;
- Поиск мест средствами интернет служб Google и Яндекс;
- Добавление пользовательских карт;
- Возможность использования GPS-приёмника для навигации.
- Экспорт карт в формат поддерживаемый iPhone maps и Мобильные Яндекс.Карты.

1. Ученики должны ознакомиться с интерфейсом программы, в частности, выбрать один географический объект, просмотреть его на всех предлагаемых слоях;
2. Ученикам необходимо измерить расстояние между двумя разными географическими объектами

Практическая работа №3

Тема: «Программа Google Планета Земля»

Google Планета Земля — проект компании Google, в рамках которого в сети Интернет были размещены спутниковые (или в некоторых точках аэрофотоснимки) изображения всей земной поверхности. Фотографии некоторых регионов имеют беспрецедентно высокое разрешение.

- *Google Earth* автоматически подкачивает из интернета необходимые пользователю изображения и другие данные, сохраняет их в памяти компьютера и на жёстком диске для дальнейшего использования. Скачанные данные сохраняются на диске, и при последующих запусках программы закачиваются только новые данные, что позволяет существенно экономить трафик.

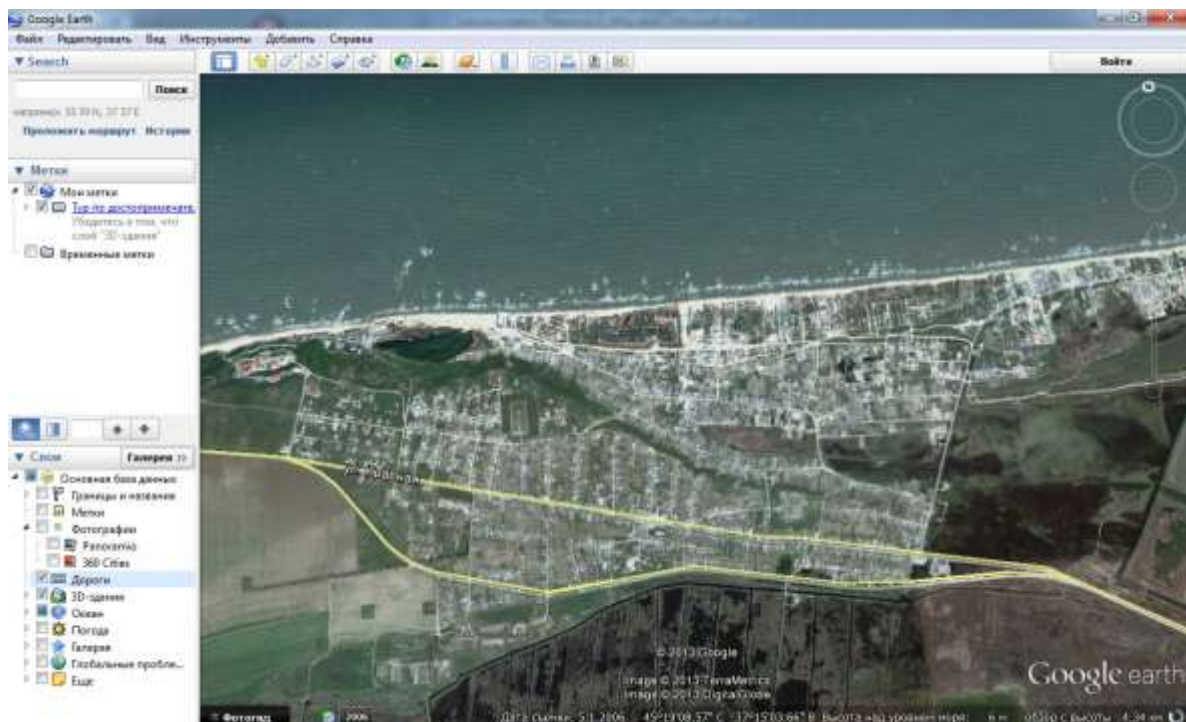


Рис. 3.13. Интерфейс программы Google Планета

- Для визуализации изображения используется трёхмерная модель всего земного шара (с учётом высоты над уровнем моря), которая отображается на экране при помощи интерфейсов DirectX или OpenGL.
 - Практически вся поверхность суши покрыта изображениями, полученными от компании DigitalGlobe, и имеющими разрешение 15 м на пиксель. Есть отдельные участки поверхности (как правило, покрывающие столицы и некоторые крупные города большинства стран мира), имеющие более подробное разрешение
 - Также имеется огромное количество дополнительных данных, которые можно подключить по желанию пользователя. Например, названия населённых пунктов, водоёмов, аэропортов, дороги, ж/д, и др. информация. Кроме этого, для многих городов имеется более подробная информация — названия улиц, магазины, заправки, гостиницы, и т. д. Имеется слой геоданных (синхронизированный через Интернет с соответствующей базой данных), на котором отображены (спространственной привязкой) ссылки на статьи из Википедии.
 - Пользователи могут создавать свои собственные метки и накладывать свои изображения поверх спутниковых (это могут быть карты, или более детальные снимки, полученные из других источников). Этими метками можно обмениваться с другими пользователями программы через форум Google Earth Community. Отправленные на этот форум метки становятся примерно через месяц видны всем пользователям *Google Earth*.
 - В программе есть слой «3D Здания», с трёхмерными моделями, добавляемыми разработчиками или самими пользователями, посредством сервиса 3D Warehouse.
 - Имеется функция измерения расстояний.
1. Ученики должны ознакомиться с интерфейсом программы, в частности, выбрать один географический объект, посмотреть его на всех предлагаемых слоях;
 2. Ученикам необходимо измерить расстояние между двумя разными географическими объектами

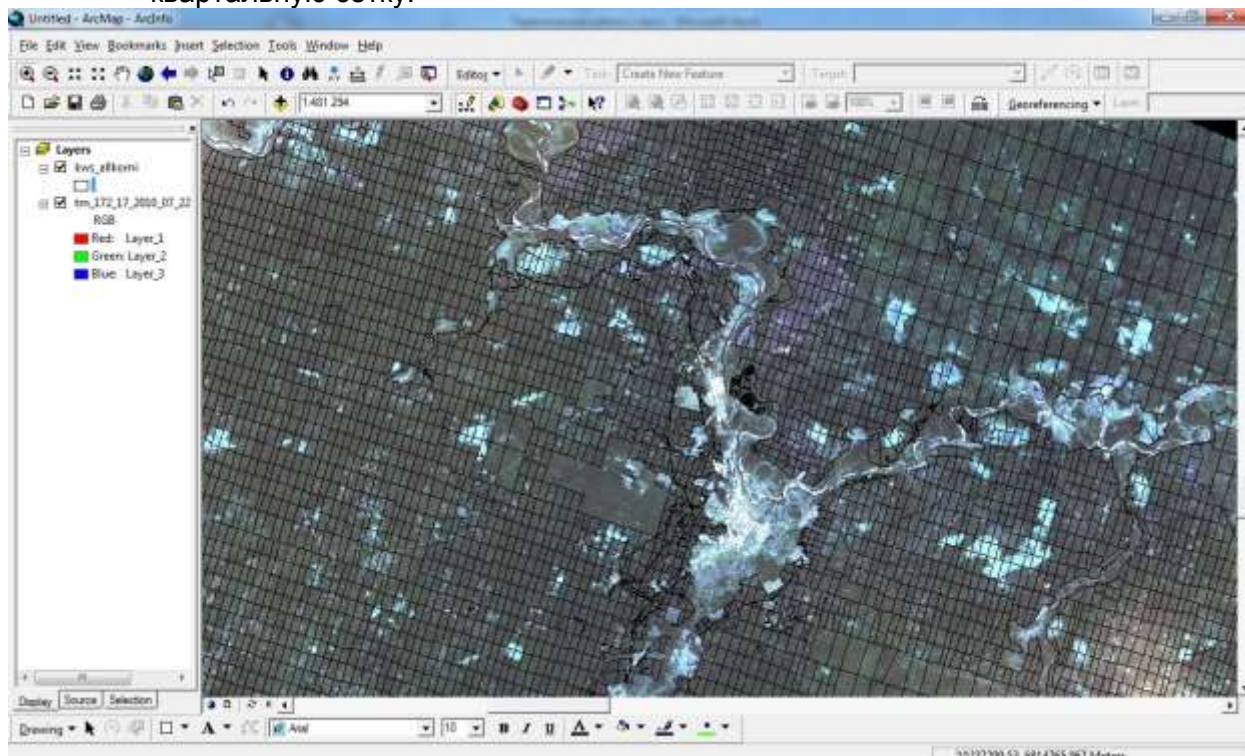
Практическая работа №4-5

Тема: «Построение карт заказников Белый, Белоборский, Важелью».

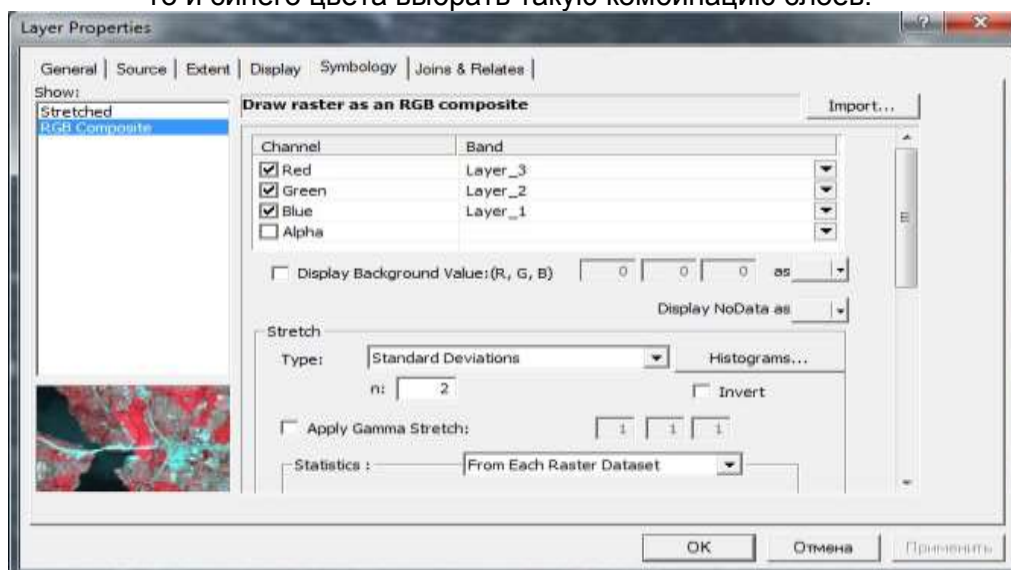
Перед началом работы каждому учащимся предоставляется космоснимок с сайта glovis.usgs.gov, (path: 172, row: 17), а также shp-файл квартальной сетки Республики Коми.

Карта строится в программе ArcMap 10.

1. С помощью функции Add Data  мы загружаем в программу космоснимок и квартальную сетку:



2. Правой кнопкой мыши нажимаем на космоснимок в панели Layers, и приводим его к естественному цвету – в закладке Symbology для красного, зеленого и синего цвета выбрать такую комбинацию слоев:



3. В этой же панели Layers правой кнопкой мыши вызываем таблицу атрибутов у векторного слоя квартальной сетки. Мы начнем строить карту заказчика Белый. Его атрибуты:

Lx_name=Чернамское



Ln_name=Часовское

Nkv: 2, 3, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 104, 106, 107, 108, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 153, 154, 155, 156, 168, 169, 170, 177, 178, 179, 180.

Далее сортируем столбцы Lx_name и Ln_name от большего к меньшему, и выделяем необходимые нам квартала:

| FID | Shape | OBJECTID | ID_ASN | NKV | LX_NAME | LN_NAME |
|------|---------|----------|---------|-----|-----------|-----------|
| 2187 | Polygon | 21745 | 3302013 | 13 | Чернамско | Часовское |
| 2061 | Polygon | 20421 | 3302130 | 130 | Чернамско | Часовское |
| 2044 | Polygon | 20227 | 3302131 | 131 | Чернамско | Часовское |
| 2058 | Polygon | 20386 | 3302131 | 131 | Чернамско | Часовское |
| 2139 | Polygon | 21233 | 3302132 | 132 | Чернамско | Часовское |
| 2131 | Polygon | 21155 | 3302133 | 133 | Чернамско | Часовское |
| 2126 | Polygon | 21124 | 3302134 | 134 | Чернамско | Часовское |
| 2125 | Polygon | 21100 | 3302135 | 135 | Чернамско | Часовское |
| 2123 | Polygon | 21072 | 3302136 | 136 | Чернамско | Часовское |
| 2117 | Polygon | 21017 | 3302137 | 137 | Чернамско | Часовское |
| 2115 | Polygon | 20994 | 3302138 | 138 | Чернамско | Часовское |
| 2112 | Polygon | 20969 | 3302139 | 139 | Чернамско | Часовское |
| 1991 | Polygon | 21718 | 3302014 | 14 | Чернамско | Часовское |
| 1987 | Polygon | 20914 | 3302140 | 140 | Чернамско | Часовское |
| 2107 | Polygon | 20881 | 3302141 | 141 | Чернамско | Часовское |
| 2103 | Polygon | 20842 | 3302142 | 142 | Чернамско | Часовское |
| 2100 | Polygon | 20819 | 3302143 | 143 | Чернамско | Часовское |
| 2096 | Polygon | 20779 | 3302144 | 144 | Чернамско | Часовское |
| 2094 | Polygon | 20756 | 3302145 | 145 | Чернамско | Часовское |
| 2092 | Polygon | 20732 | 3302146 | 146 | Чернамско | Часовское |
| 2087 | Polygon | 20689 | 3302147 | 147 | Чернамско | Часовское |
| 2083 | Polygon | 20647 | 3302148 | 148 | Чернамско | Часовское |
| 2080 | Polygon | 20614 | 3302149 | 149 | Чернамско | Часовское |
| 2184 | Polygon | 21689 | 3302015 | 15 | Чернамско | Часовское |
| 2053 | Polygon | 20358 | 3302150 | 150 | Чернамско | Часовское |
| 2075 | Polygon | 20566 | 3302150 | 150 | Чернамско | Часовское |
| 2072 | Polygon | 20532 | 3302151 | 151 | Чернамско | Часовское |
| 2070 | Polygon | 20517 | 3302152 | 152 | Чернамско | Часовское |
| 2119 | Polygon | 21035 | 3302153 | 153 | Чернамско | Часовское |
| 2113 | Polygon | 20981 | 3302154 | 154 | Чернамско | Часовское |
| 1989 | Polygon | 20936 | 3302155 | 155 | Чернамско | Часовское |
| 2109 | Polygon | 20906 | 3302156 | 156 | Чернамско | Часовское |
| 2107 | Polygon | 20889 | 3302157 | 157 | Чернамско | Часовское |



4. Далее заходим в меню каталога , заходим в любую директорию -> правая кнопка мыши -> New -> Shapefile. В появившемся окне вводим имя нового векторного слоя и тип – полилиния. Переносим созданный нами слой в панель Layers, и в меню Editor выбираем пункт Start Editing.
5. Далее при помощи инструмента Sketch Tool  строим линию по контуру выделенных кварталов:



6. Далее, при помощи функции Layout, полученную карту оформляем в версию для печати:



Аналогичные действия ученики проводят с изображениями заказников «Белоборский» и «Важелью».

3. Методики проведения экологического мониторинга на особо охраняемых природных территориях в Республике Коми

На основе анализа имеющихся литературных данных и собственного опыта исследований отобраны, адаптированы и апробированы (на примере заказников «Белоборский», «Белый», «Важель-ю», «Додзь-нюр») методики комплексного обследования ООПТ для последующего длительного мониторинга. Они основаны преимущественно на оценке состояния наиболее показательного компонента биогеоценоза – фитоценоза. Методики условно сведены в две группы: первая – для биомов закрытого и полукрытого типа (любые леса и кустарниковые заросли), вторая – для биомов открытого типа и сходных ценозов (травянистые сообщества, болота, сообщества гигро- и гидрофитов); для них разработаны типовые бланки.

Каждая методика состоит из четырёх независимых этапов, проводимых последовательно или параллельно:

- обследование абиотической составляющей окружающей выбранную площадку среды;
- изучение почвы;
- описание растительного сообщества (вместе с лишайниками у наземных ценозов и водорослями у водоёма);
- оценка влияния на описанный ценоз животных и человека.

При этом в зависимости от целей исследования и возможностей исследования описания на первом и втором этапах могут быть дополнены химическими анализами.

Выбор мест описания проводится после рекогносцировочной экскурсии по территории таким образом, чтобы они максимально охватывали разнообразие ландшафтов и сообществ обследуемого участка. Размер пробной площади выбирается, исходя из условий местности и величины описываемых ассоциаций, и может составлять от 1 м² до 1 га. Форма наиболее удобна прямоугольная или квадратная, однако допустима и прогонистая площадка, а в ряде случаев – и описание на площадке неправильной формы. Главное условие выбора размера и формы пробной площади – включение в неё только одного сообщества. При закладке пробной площади для целей длительного мониторинга её углы желательно отметить также и на местности краской (для лесных площадок) или установкой столбика в юго-восточном углу площадки (для лугов).

Для проведения экологического мониторинга рекомендуется использовать приведенные в разделе 4 и приложениях 1-14 методики.

Особую роль в проведении мониторинговых исследований играют методы дистанционного зондирования и геоинформационного анализа. Они позволяют представить результаты исследований в картографическом виде. В приложении 15 описаны дистанционные методы экологического мониторинга, а в приложении 16 – особенности работы в свободно распространяемом программном пакете QGis.

4. Учебно-методические комплексы для проведения экологического мониторинга на особо охраняемых природных территориях в Республике Коми

Описание лесных фитоценозов

Бланк для описания лесных фитоценозов приведён в Приложении 1. Он же может быть использован и для работы с зарослями кустарников, при этом описание может начаться с подлеска.

Заполнение бланка начинается с указания порядкового номера описываемой пробной площади, даты и автора или авторов описания (как показывает опыт, наиболее удобно проводить описания в микрогруппах в 3–4 человека; однако, при наличии достаточного опыта описание можно делать и в одиночку). После этого даётся предварительное название описываемому сообществу (данное название, возможно, будет изменено при оформлении итогового отчёта после проверки всех собранных материалов).

Абиотическая составляющая

Обследование абиотической составляющей начинается с указания места положения пробной площади в пространстве. Здесь помимо приведения сведений о её географических координатах, полученных при помощи системы спутникового позиционирования, обязательно следует привести и привязку к местности (в том числе – к объектам антропоферы), поскольку иначе из-за погрешностей приборов достаточно часто бывает сложно найти её впоследствии (если планируются мониторинговые исследования на постоянных пробных площадях).

Описание рельефа включает указание положения площадки в рельефе данного ландшафта (на вершине холма, на склоне, в понижении и т. д.), а также описание макрорельефа (начиная с указания крупных физико-географических объектов, типа равнин, низменностей, нагорий, гор и т. д.), мезорельефа (речные террасы, поймы, крупные холмы и т. д.; в последнем случае следует указать также экспозицию склона) и микрорельефа (наличие в пределах площадки микрозападинок, гряд, ям и т. д.). Для микро- и в отдельных случаях для макрорельефа следует привести также морфометрические показатели – высота поднятий, глубина понижений, длина гряд и т. д.

Глубина стояния грунтовых вод в большинстве случаев может быть указана только ориентировочно на основе присутствия растений-индикаторов, приведённых в Приложении 2; в некоторых случаях это можно установить при выполнении почвенного разреза. Характер увлажнения территории включает указание на атмосферное или грунтовое увлажнение; для заливаемых территорий увлажнение указывается как поёмное с дополнительной характеристикой незатопляемого периода.

При необходимости и возможности этот раздел может быть дополнен данными по химическому составу атмосферного воздуха, грунтовой и поверхностной воды, радиоактивному фону и т. д. Также здесь возможен отбор образцов для биологической индикации условий среды (определения проективного покрытия лишайников, флуктуирующей асимметрии листьев лиственных пород и хвои сосны обыкновенной, фенов ряда растений и т. д.), методики которых приведены далее. При длительном мониторинге желательна установка логгеров, фиксирующих данные параметры на градиенте времени.

Завершает раздел характеристика мёртвого покрова, которая включает описание его состава, характера распределения на площадке (равномерное или с концентрацией на тех или иных участках), мощности и проективного покрытия. Косвенную проверку точности оценки последнего параметра даёт суммирование проективных покрытий мёртвого покрова и покрова мхов и лишайников – в сумме они должны дать 100%.

Почва

Изучение почвы проводится вне пробной площади, однако в условиях такого же растительного сообщества, располагающегося подобно выбранной площадке в рельефе ландшафта. В зависимости от целей и задач исследования, а также возможностей исследователей, может быть открыт полный разрез, полуяма или сделаны прикопки.

Разрез копается так чтобы, во-первых, лицевая стенка, предназначенная для описания, была обращена к солнцу, во-вторых, три стенки были отвесными, четвёртую (заднюю) желательно сделать ступенчатой (в зависимости от глубины разреза). Почву следует выбрасывать на боковые стенки, учитывая, что затем нужно будет закопать разрез, соблюдая естественное положение горизонтов.

Полный разрез копается до вскрытия верхних ненарушенных горизонтов материнской породы; он предназначен для детального описания почвенного профиля. Полюямы имеют меньшую относительно полного разреза глубину и отрываются при необходимости уточнения тех или иных почвенных признаков. Прикопки, то есть разрезы глубиной менее 75 см, удобны для беглого определения типа почвы, а также взятия образцов для последующих анализов.

На основании сделанного разреза заполняется соответствующий раздел в бланке описания пробной площади. При этом указывается название почвы (в большинстве случаев для этого достаточно использовать определители типа приведённого в работе «Почвы СССР» (Афанасьева с соавт., 1979) или подобными), глубина сделанного разреза, глубина и характер (слабо или бурно) вскипания от соляной кислоты, характеризуется материнская порода и описывается поверхность почвы (в первую очередь указывается наличие камней, следов заболачивания и т. д.).

Желательно сделать рисунок полученного почвенного разреза и снабдить его описанием, включающим указание на выявленные горизонты и их мощность, а также их характеристику по следующим пунктам: механический состав, влажность, окраска, плотность, сложение, новообразования, включения, характер вскипания от соляной кислоты, характер перехода горизонтов (резкий, ясный или плавный) и другие выявленные особенности. Методики определения большинства данных параметров в поле приведены в Приложении 3.

При необходимости на данном этапе могут быть взяты индивидуальные или смешанные образцы (правила взятия смешанного образца см. в Приложении 4) для лабораторных химических анализов (определения кислотности почвы, насыщенности основаниями, богатства почвы основными элементами питания, наличия в почве тяжёлых металлов и т. д.), определения микробиологической активности почвы (через выявление её ферментативной активности), исследования почвенной альгофлоры, объёма почвенной макро- и мезофауны, биологического тестирования мутагенной активности и некоторых других исследований. Некоторые, наиболее показательные, на наш взгляд, и достаточно доступные методики приведены ниже. В случае взятия образца, это обязательно отмечается в бланке с указанием его номера, глубины отбора пробы и типа пробы (индивидуальная или смешанная).

Растительное сообщество

Описание растительного сообщества биома закрытого и полуоткрытого типа проходит по условным или реальным ярусам. Последовательно и независимо характеризуются древостой (в том числе и отдельно – подрост основных лесобразующих пород местности), подлесок, травянисто-кустарничковый ярус, мохово-лишайниковый покров и внеярусная растительность; также указывается наличие и (при возможности) видовой состав напочвенных грибов и водорослей.

Древостой

Формула древостоя представляет собой относительное число деревьев лесобразующих пород на исследуемой площади. При этом каждому виду присваивается буквенное обозначение (например, ель – Е, осина – Ос, берёза пушистая – Бпш и т. д.), а цифрой указывается их относительная численность, при условии, что общее число стволов на площадке равно десяти. Формула в целом может выглядеть как 10С или 9С1Е или 5Е4Бп1Ос+С (последняя формула говорит, что число сосен на площадке незначительно по сравнению с другими породами, но они выходят в первый подъярус).

Степень сомкнутости крон указывается в долях от единицы сначала в целом для яруса, затем (при их наличии) – для подъярусов. Для более точного её определения нужно провести замер в нескольких точках пробной площади, а затем уже указать среднее значение.

В таблицу¹, характеризующую древостой вносят данные по числу деревьев, проективному покрытию надземных органов отдельных видов, фенологической фазе, в которой находится растение (при этом возможно указание нескольких фаз, например, зелёные и зрелые плоды), и жизненности. Наиболее часто указываемые фенологические фазы и ориентировочная шкала жизненности приведены в приложениях 5 и 6 соответственно.

Для древесных растений существенным является также учёт возраста, который удобно проводить методом кернения 3–5 деревьев на пробной площади представителей каждого класса бонитета таксационным буром, и объёма ствола, который определяется таксационной вилкой (возможно определение через окружность ствола, измеренную рулеткой). Важным показателем также является высота растения, которая у деревьев определяется при помощи высотомера или глазомерной оценки.

Возобновление древостоя характеризуют сначала в общем, а затем более подробно путём его учёта на 5 пробных площадках площадью по 1 м², закладываемым в пределах исследуемой пробной площади случайным образом.

Подлесок

Кустарники в большинстве наших лесов не образуют самостоятельного яруса, а встречаются рассеяно. В связи с этим в начале описания подлеска следует указать, выражен ли ярус, и в случае выраженности дать оценку сомкнутости его полога. В остальном описание подлеска практически не отличается от характеристики древостоя.

Травянисто-кустарничковый покров

В начале описания травянисто-кустарничкового покрова указывается его общее проективное покрытие, а в случае наличия подъярусов – также и их проективное покрытие; при этом сумма проективного покрытия отдельных подъярусов может превышать 100%. Далее характеризуется общий облик и аспектирующие виды, то есть указывается цвет и те растения, которые этот цвет обеспечивают. В некоторых случаях аспект даёт мохово-лишайниковый покров – это следует указать в примечаниях к соответствующим таблицам. В случае наличия на площадке выраженных синузий их отдельно описывают.

Описание самих растений, входящих в данную группу, практически не отличается от такового в древостое и подлеске. Дополнительной графой является только графа «Обилие». Обилие, или встречаемость, следует выразить в баллах любой распространённой шкалы (две наиболее распространённые приведены в Приложении 7). Также в этом ярусе могут встретиться папоротникообразные и другие споровые, фенологические фазы которых отличаются от таковых у семенных растений; они даны в Приложении 5.

Мохово-лишайниковый покров

При характеристике мохово-лишайникового покрова также следует предварительно оценить общее проективное покрытие, а затем охарактеризовать отдельные найденные виды согласно пунктам соответствующей таблицы. Графа «Фенологическая фаза» здесь заменена на графу «Репродуктивная фаза», что соответствует двум пунктам в соответствующем разделе Приложения 5.

В этой же части описания следует указать наличие на площадке напочвенных водорослей и грибов; по возможности нужно определить таксоны, к которым они относятся хотя бы до рода.

Внеярусная растительность

Внеярусная растительность может быть представлена лианами и эпифитами. Описание первых является упрощённым вариантом характеристики напочвенных се-

¹ Названия растений в таблице желательно давать на латыни во избежание последующих разночтений. При невозможности определить вид в поле следует взять образец (а для единичных особей – его фотографии) для последующего определения в лаборатории. При этом можно пользоваться любыми определителями и флорами, затрагивающими территорию исследования.

менных растений; описание эпифитов – напочвенных мхов и лишайников. В примечании следует указать наличие дереворазрушающих грибов.

Животные и человек

Оценка влияния на сообщество животных и человека проводится преимущественно по следам их жизнедеятельности: отдельно фиксируются встреченные на пробной площадке животные (при этом существенно важным является указание на то, какие животные на каком растении были найдены), их следы, порои, поеди, погрызы, помёт, погадки и т. д. Отмечается наличие троп (зоо- и антропогенного происхождения), следов построек человека, мусора, кострищ и т. д. (если они отсутствуют на самой площадке, но есть в непосредственной близости, это также указывается). При возможности устанавливается история данного сообщества и его современный статус.

В случае необходимости на пробной площади и в её непосредственной близости могут быть проведены специальные зоологические исследования зооценоза, включающие сбор животных активными методами (например, кошение, сбор с помощью эксгаустера и т. д.) и ловушками (световыми, врытыми и т. д.), а также фиксацию с помощью фото-, аудио- и видеотехники.

В конце описания даётся список приложений, которые могут состоять из гербарных образцов сосудистых растений (в том числе смонтированных и не смонтированных), коллекции мхов и лишайников, образцов почвы (образцов почвы), фото-, аудио- и видеоматериалов и т. д.

Обязательным элементом являются подписи всех авторов данного описания внизу бланка

Описание травянистых фитоценозов

Бланк для описания луговых фитоценозов приведён в Приложении 8. В большинстве случаев он также подходит для характеристики болот, хотя иногда их удобнее описывать с помощью лесного бланка. В целом, он представляет собой уменьшенный вариант бланка для описания леса (нет таблиц по древостою, подросту и подлеску) и каких-то существенных особенностей не имеет.

Заполнение основной таблицы по фитоценозу желательно начинать с самых высоких растений (включая туда и единичные деревья или кустарники, которые могут попасть на площадку), а закончить наиболее низкими.

Описание растительного сообщества водоёма

При описании водоёма часто удобно заложить не пробную площадь, а трансекту метровой ширины и произвольной длины от середины водоёма к берегу так, чтобы захватить и сообщества гидрофитов, и сообщества гигрофитов, являющихся, в целом, неотъемлемой частью водоёма. Бланк для описания водоёма приведён в Приложении 9.

Абиотическая составляющая

Здесь помимо описанного выше указания географических координат и рельефа необходимо описание особенностей самого водоёма (проточный или стоячий, тип питания и т. д.), определение его экологического типа (методика в Приложении 10), грунта в прибрежной части, характеристики некоторых органолептических показателей (методики в Приложении 11). Также на данном этапе возможен отбор пробы для последующего (или непосредственного) определения важнейших химических показателей: скорости течения, кислотности (щёлочности), жёсткости, окисляемости, минерализации и т. д.

Описание флористического состава сообщества (в данном случае обычно – группы сообществ, переходящих одно в другое) ведётся на трансекте. Она закладывается от условно (или истинно) суходольного участка на берегу, где устанавливается колышек, до внутриводной части, где также максимально далеко от берега ставится второй кол. Между ними натягивается верёвка, ограничивающая трансекту. Описание ведётся, начиная с береговой вешки на отдельных метровых площадях.

На первой из таких площадок описывается флористический состав и указывается проективное покрытие (в процентах или баллах) каждого вида. На следующей мет-

ровой площади те виды, которые обнаружены вновь, вписываются в таблицу ниже; как для новых, так и для старых видов указывается проективное покрытие в следующем столбце таблицы. Так повторяется до тех пор, пока вся необходимая длина не будет пройдена. На последних метрах трансекты она проводится часто уже условно; описание здесь удобно вести с лодки.

После окончания описания флористического состава нужно заполнить вторую таблицу, где указать высоты или длины растений, их фенологические или репродуктивные фазы и жизненность.

После этого, при необходимости возможно взятие проб воды с последующей оценкой микробиологической и альгологической составляющей, а также образцов для расчёта биотических индекса или других показателей, выбираемых в зависимости от целей исследования и возможностей исследователей.

Животные и человек

Заполнение бланка следует закончить перечислением встреченных на водоёме животных, указанием (при возможности) истории водоёма и его современного использования, а также описанием следов деятельности человека. Здесь же, если такие исследования проводились, помещаются результаты оценки воды по биотическим индексам на основе анализа зооценоза.

Вспомогательные методики мониторинга

Как показывает опыт, наиболее удобными и показательными вспомогательными методиками, позволяющими вести мониторинг воздействия среды на сообщества в особо охраняемых природных территориях, являются следующие:

- 1) для оценки комплексного воздействия среды:
 - определение флуктуирующей асимметрии органов растений и животных;
- 2) для оценки состояния атмосферного воздуха:
 - определение состояния хвои сосны обыкновенной;
 - определение состояния популяций лишайников;
- 3) для оценки чистоты почв:
 - определение состояния среды по фенам клевера белого;
- 4) для оценки чистоты воды:
 - определение качества воды по животному населению.

Материал для данных работ может быть отобран одновременно с проведением описания или непосредственно после, а значит, это не увеличит значительно длительности полевого этапа исследования. Соответствующие методики приведены в Приложении 12.

Камеральная обработка описаний фитоценозов

При камеральной обработке описанных пробных площадей проводится их сравнение методами доминантной или эколого-флористической классификации, что позволяет выявить β -разнообразие, или разнообразие растительных сообществ данной территории. При необходимости проводится их классификация и ординация.

Для каждого типа сообщества в отдельности устанавливается его ценофлора; при этом критерием полноты её выявления является отсутствие или минимальное число вновь выявляемых в каждом новом описании видов. Полные флористические списки каждой ценофлоры в сумме дают представление об α -разнообразии, или видовом разнообразии характеризуемой территории.

Каждая ценофлора может быть проанализирована с использованием двух подходов: представления об экологическом ареале вида и представления об эколого-ценотических группах видов. Материалы для обоих вариантов анализов есть в базе данных «Флора сосудистых растений Центральной России» (<http://www.icbi.ru/eco1/>); в тоже время, очевидно, что требуется составление региональных списков.

Экологический ареал вида может быть представлен с использованием оптимальных или градиентных шкал; независимо от использованного подхода в результате его применения будет охарактеризован экологический ареал данного сообщества, то есть тот спектр условий абиотической среды, в которых данный ценоз может существовать. Сравнение экоареала сообщества с экоареалом конкретного вида (в том

числе и в первую очередь – редких и охраняемых видов) позволит, во-первых, прогнозировать возможность обнаружения его в данном сообществе, во-вторых, разработать при необходимости меры по интродукции, реинтродукции или подсеву вида в конкретные условия. Сравнение экологических ареалов разных сообществ одной территории позволяет аргументированно ординировать сообщества по важнейшим показателям, а, следовательно, предсказывать судьбу конкретного сообщества при продолжении действия того или иного фактора. Сравнение экоареалов сообществ, описанных в разные годы на одной и той же пробной площади позволяет выявить градиент изменений, предположить действующие на сообщество факторы и предложить варианты его дальнейшей судьбы.

Экологическая группа видов, представляющая совокупность растений, предъявляющих сходные требования к условиям среды, а, следовательно, встречающихся преимущественно совместно позволяет предположить прошлое состояние данного сообщества (при наличии, например, представителей лесных групп на лугах) и оценить степень антропогенной нагрузки на него (по выраженности, например, луговой и адвентивной групп в лесах). Сравнение спектра экологических групп на одной и той же пробной площади в разные годы наблюдения позволяет выявить динамику данного сообщества, направление сукцессии, усиление или ослабление его дигрессии и т. д.

Числовую оценку происходящих с сообществом изменения может дать использование коэффициента Жаккара (при двух площадках) или индекса биотической дисперсии Коха (при нескольких и многих площадках) при учёте количества видов растений на разных площадках. Если требуется сравнить, как изменяется видовое богатство на одной и той же пробной площади в разные годы, то удобнее пользоваться коэффициентом Серенсена или коэффициентом процентного сходства при учёте проективного покрытия. Все эти варианты дают представление о выраженности процесса смен одних видов другими, причём последний способ является более чутким на медленно развивающихся ценозах.

Фенологические наблюдения

Для случаев доступности территории мониторинга для частых посещений отобрана и адаптирована программа комплексных фенологических наблюдений, включающая порядка 294 фенологических явлений в жизни живой (в том числе – лесов, лугов, водоёмов и агроценозов; животных, растений и грибов) и неживой природы, доступных для наблюдения как специалистами, так и неспециалистами. Долговременные фенологические наблюдения на одной и той же территории позволят выявить наличие значительных изменений среды и отдельные аномалии. Программа приведена в Приложении

Кроме того, при возможности проводить длительные наблюдения на тех же площадках, где были сделаны описания фитоценозов, спектр наблюдаемых у данных растений фенологических явлений можно расширить. Предлагаемые матрицы наблюдений приведены в Приложении

Популяционные исследования

При этом такие наблюдения должны быть дополнены фенологическими наблюдениями над отдельными популяциями редких и охраняемых растений, структура которых также отобрана и адаптирована. Она включает как фиксацию отдельных этапов сезонного цикла (набухание почек, зацветание, листопад и т. д.), так и балльную оценку важнейших показателей – цветения и плодоношения.

Популяции редких и охраняемых растений, выявленные на подлежащей мониторингу территории, необходимо ежегодно или периодически обследовать по единой методике, обобщённая схема которой отобрана, адаптирована и апробирована. Она включает закладку пробных метровых площадок методом случайных чисел или трансекты шириной один метр через популяцию. На пробной площади оценивается число особей разных онтогенетических групп с использованием представлений о дискретном описании онтогенеза (при этом маркёрные признаки каждого состояния видоспецифичны и должны устанавливаться отдельно), жизненности особей каждой группы (по разработанной балльной шкале), а также эффективности плодоношения (как число

плодов и семян на одно растение). Последний показатель, при возможности, должен сопровождаться оценкой всхожести семян в лабораторных условиях. Также в полевых условиях необходимо установление консортивных связей между подлежащими охране или биологическому наблюдению растениями и животными, являющимися их опылителями и вредителями. Связи устанавливаются путём круглосуточных наблюдений с фиксацией времени появления представителя того или иного вида и характера его деятельности; некоторую информацию может дать анализ повреждений вегетативных и генеративных органов, а также выведение в лабораторных условиях взрослых особей из отложенных на растения яиц и найденных там личинок. Не менее важно и установление спектра паразитических грибов и микроорганизмов, поражающих данный вид, что также проводится путём анализа повреждённых органов.

Камеральная обработка собранных данных популяционных исследований включает составление онтогенетического спектра, как отражения представленности растений разных онтогенетических состояний, определение коэффициентов возрастности, замещения, старения, эффективности использования среды и ряда других при необходимости. Коэффициенты замещения и старения отчасти позволяют прогнозировать дальнейшие процессы в данной популяции, поскольку учитывают, сколько молодых особей придёт на смену взрослым и сколько старых особей, уже не способных к генеративному размножению, присутствует в популяции. Положение описанной популяции в поле возрастность-эффективность позволяет оценить общий возраст данной популяции (в случае, если она нормальная), а расположение в этом поле всех описанных популяций из разных ассоциаций позволяет уточнить оптимальные и пессимальные сообщества для данного вида и, следовательно, дать прогноз дальнейшей судьбы данной конкретной популяции.

Заключение

Одним из важных компонентов в системе управления особо охраняемыми природными территориями является экологический мониторинг, проводимый не только силами государственных природоохранных структур, но групп компетентных волонтеров. При установлении системы экологического мониторинга важная роль принадлежит обучению учащихся, студентов и повышению компетенции специалистов. В этой целью должны проводиться занятия, которые позволят обучающимся освоить основные навыки проведения экологических исследований, а профессионалам, работающим в области охраны окружающей среды углубить и расширить свои компетенции. В данном отчете представлены учебные планы, рабочие программы и учебно-методические комплексы для обучения различных целевых групп методам экологического мониторинга. В ходе выполнения проекта были отобраны и адаптированы методики ведения экологического мониторинга для школьников и студентов. Составлены учебные программы для молодых ученых, включая магистрантов и аспирантов, и специалистов, занимающихся вопросами государственного управления в области охраны окружающей среды. Проведение экологического мониторинга осуществляется эффективно, если используемые подходы носят комплексный характер. В то же время, необходимо учитывать особенности различных возрастных групп, и с учетом их специфики предлагать наборы методов. Предлагаемые для уровня школьников и студентов методики представлены в форме учебно-методических пособий, которые представлены в 16-ти приложениях, посвященных различным методам изучения природных комплексов.

Выводы и рекомендации

1. В ходе выполнения данного проекта проводилось обучение волонтеров и повышение квалификации специалистов, участвующих в сборе данных в ходе проведения экологического мониторинга на территории ООПТ.
2. Были проведены тематические семинары и практические занятия, цель которых заключалась в знакомстве слушателей с программой экологического мониторинга ООПТ Республики Коми и овладении ими основными методами ведения экологического мониторинга. На данный момент основное внимание было уделено биологическим и геоинформационным методам ведения экологического мониторинга. В ближайшем будущем рекомендуется расширить тематику занятий, включив в нее обучение волонтеров основным химико-аналитическим и физическим методам контроля состояния окружающей среды. Также важно раскрыть в ходе семинаров социально-экономические и правовые аспекты экологического мониторинга.
3. Подобранные методики были адаптированы по различные целевые группы с учетом стоящих перед их обучением задач и базовым уровнем их знаний, умений и навыков. Апробация методик с последующим анализом результатов обучения в дальнейшем позволит оптимизировать предлагаемый набор методик.
4. Проведенные семинары предусматривали как теоретические, так и практические занятия с выездом на модельные территории. Очень важно, чтобы процесс обучения был интересен для обучающихся, и в ходе освоения методов экологического мониторинга были задействованы все каналы получения информации и все способы обретения навыков. Занятия должны носить интерактивный характер. Положительный эффект имеет придание значительной самостоятельности обучающимся при выполнении учебных заданий и реализации исследовательских проектов. Однако, чтобы процесс был эффективным, необходимо создание подходящей образовательной среды. В нашем случае, проведение семинаров было обеспечено необходимыми методическими и техническими средствами. На основе материалов проведенных занятий рекомендуется выпуск учебно-методических пособий для разных целевых групп. Часть учебно-методических пособий для публикации уже подготовлена, часть находится в состоянии составления.

Список литературы

- Алалыкина Н.М., Ашихмина Т.Я., Кондакова Л.В. Фенология и региональный экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие к занятиям. Сыктывкар, 2004. 104 с.
- Афанасьева Т.В., Василенко В.И., Терешина Т.В., Шермет Б.В. Почвы СССР. М.: Мысль, 1979. 380 с.
- Ашихмина Т.Я., Сюткин В.М. Комплексный экологический мониторинг региона. Киров: Изд-во ВГПУ, 1997. 285 с.
- Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. Новосибирск: Наука, 1974. 155 с.
- Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. М.: Мир, 1988. 348 с.
- Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 288 с.
- Добровольский Б.В. Фенология насекомых. М.: Высшая школа, 1969. 231 с.
- Зайцев Г.Н. Фенология древесных растений. М.: Наука, 1981. 120 с.
- Захаров В.М. Асимметрия животных. М.: Наука, 1987. 214 с.
- Стрельцов А.Б. Региональная система биологического мониторинга. Калуга: Изд-во Калужского ЦНТИ, 2003. 238 с.
- Учебно-полевая практика по ботанике. В 2 ч. Ч. 2. М.: Просвещение, 1977. 183 с.
- Фенологические наблюдения: организация, проведение, обработка: унифицированное руководство для добровольной фенологической сети. Л.: Наука, 1982. 223 с.
- Фёдорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Гуманит. изд. центр ВЛА-ДОС, 2001. 288 с.
- Шернин А.И. Программа фенологических наблюдений Кировской области. Киров, 1982. 23 с.
- Шульц Г.Э. Общая фенология. Л.: Наука, 1981. 188 с.
- Экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие. М.: Академический проект, 2006. 416 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
БЛАНК ДЛЯ ОПИСАНИЯ ЛЕСНОГО ФИТОЦЕНОЗА

БЛАНК ОПИСАНИЯ ЛЕСНОГО ФИТОЦЕНОЗА

№ _____ « ____ » _____ 20__ г.
Автор(ы) _____

Ассоциация _____

Форма и размер пробной площади _____

Географическое положение пробной площади и её координаты _____

Положение пробной площади в рельефе ландшафта _____

Макрорельеф _____

Мезорельеф _____

Микрорельеф _____

Глубина стояния грунтовых вод _____

Характер увлажнения территории _____

Другие физические и химические условия среды на пробной площади _____

Мёртвый покров _____

Почва

Название почвы _____

Глубина почвенного разреза _____

Глубина и характер вскипания от HCl _____

Материнская порода _____

Поверхность почвы _____

Характеристика почвенного разреза

| Рисунок почвенного разреза | Горизонт и его мощность, см | Описание почвенного разреза по горизонтам |
|----------------------------|-----------------------------|---|
| | | |

Номер(а) почвенных образцов и глубина их взятия _____

Древостой

Формула древостоя _____ Степень сомкнутости крон общая и по подъярусам _____

Характеристика древостоя

| Вид растения | Число особей, шт. | Проективное покрытие, % | Высота, м | | Диаметр или окружность стволов, см | | Возраст, лет | | Фенологическая фаза | Жизненность, балл | |
|--------------|-------------------|-------------------------|--------------|----------------|------------------------------------|----------------|--------------|----------------|---------------------|-------------------|----------------|
| | | | максимальная | господствующая | максимальная | господствующая | максимальный | господствующих | | максимальная | господствующая |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

Возобновление древостоя _____

Примечания: _____

Характеристика подроста основных лесобразующих пород

| Вид растения | Число растений на учётных площадках, шт. | | | | | Высота, см | | | Жизненность |
|--------------|--|---|---|---|---|--------------|----------------|-------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | максимальная | господствующая | минимальная | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

Подлесок

Наличие яруса и сомкнутость полога подлеска _____

Характеристика подлеска

| Вид растения | Проективное покрытие, % | Высота, м | | Фенологическая фаза | Жизненность, балл | |
|--------------|-------------------------|--------------|----------------|---------------------|-------------------|----------------|
| | | максимальная | господствующая | | максимальная | господствующая |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Травянисто-кустарничковый покров

Проективное покрытие общее и по подъярусам _____

Общий облик яруса и аспектирующие виды _____

Наличие синузий их облик _____

Характеристика травянисто-кустарничкового покрова

| Вид растения | Проективное покрытие, % | Обилие, балл | Высота, см | | Фенологическая фаза | Жизненность, балл | |
|--------------|-------------------------|--------------|---------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| | | | <i>максимальная</i> | <i>господствующая</i> | | <i>максимальная</i> | <i>господствующая</i> |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

| Вид растения | Проективное покрытие, % | Обилие, балл | Высота, см | | Фенологическая фаза | Жизненность, балл | |
|--------------|-------------------------|--------------|--------------|----------------|---------------------|-------------------|----------------|
| | | | максимальная | господствующая | | максимальная | господствующая |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Примечания: _____

Мохово-лишайниковый покров

Проективное покрытие _____

Характеристика мохово-лишайникового покрова

| Вид мха или лишайника | Проективное покрытие, % | Обилие, балл | Высота, см | | Репродуктивная фаза | Жизненность, балл | |
|-----------------------|-------------------------|--------------|---------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| | | | <i>максимальная</i> | <i>господствующая</i> | | <i>максимальная</i> | <i>господствующая</i> |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Примечания: _____

Напочвенные грибы и водоросли _____

Внеярусная растительность

Характеристика лиан

| Вид растения | Обилие, балл | Длина, см | | Фенологическая фаза | Жизненность, балл | |
|--------------|-----------------|---------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|
| | | <i>максимальная</i> | <i>господствующая</i> | | <i>максимальная</i> | <i>господствующая</i> |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Характеристика эпифитов

| Вид мха или лишайника | Проективное покрытие, % | Обилие, балл | Высота, см | | Репродуктив- ная фаза | Жизненность, балл | |
|-----------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| | | | <i>макси- мальная</i> | <i>господ- ствующая</i> | | <i>макси- мальная</i> | <i>господ- ствующая</i> |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Примечания: _____

Влияние на фитоценоз животных и человека

Встреченные на пробной площади животные _____

Следы жизнедеятельности животных на пробной площади _____

История фитоценоза и его современное использование _____

Следы деятельности человека на пробной площади _____

Перечень приложений _____

Подписи авторов описания

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2
НЕКОТОРЫЕ РАСТЕНИЯ-ИНДИКАТОРЫ
ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД**

Луговые растения-индикаторы

(Ремезова, 1976; цит. по: Экологический мониторинг, 2006)

| Индикаторная группа | Название растения | Глубина грунтовых вод, см |
|---------------------|---|---------------------------|
| I | костёр безостый, клевер луговой, подорожник большой, пырей ползучий | >150 |
| II | полевица белая, овсяница луговая, горошек мышиный, чина луговая | 100–150 |
| II | таволга вязолистная, двукисточник тростниковидный | 50–100 |
| IV | осока лисья, осока острая, вейник Лангсдорфа | 10–50 |
| V | осока дернистая, осока пузырчатая | <10 |

Лесные растения индикаторы

(Викторов с соавт., 1988; цит. по: Экологический мониторинг, 2006)

| Фитоценоз | Название растения | Глубина грунтовых вод, м |
|---------------------|--|--------------------------|
| ельник-кисличник | кислица заячья, седмичник европейский, майник двулистный | 3–5 |
| ельник-черничник | черника, кислица заячья, зелёные мхи | 1–3 |
| ельник-долгомошник | черника, багульник, политрихум обыкновенный | <1 |
| ельник сфагновый | багульник, андромеда, кассандра, сфагновые мхи | 0–0,5 |
| сосняк лишайниковый | кошачья лапка двудомная, ястребинка волосистая, виды рода кладония | >10 |
| сосняк-брусничник | брусника, зелёные мхи | 3–5 |
| сосняк-черничник | черника, кислица заячья, зелёные мхи | <2 |
| сосняк-долгомошник | голубика, черника, политрихум обыкновенный | 0,5–1 |
| сосняк сфагновый | багульник, кассандра, сфагновые мхи | 0–0,2 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ В ПОЛЕ

Определение механического состава почвы сухим, или органолептическим, методом

Метод имеет несколько модификаций, две из которых приведены ниже.

Первый вариант метода

Щепотку почвы разотрите между пальцами. Если почва мажется, а песчинки не прощупываются, то почва *глинистая*; почва мажется, едва прощупываются песчинки – *суглинистая*; почва скрипит и немного мажется – *супесчаная почва*; почва скрипит, заметно чувствуются песчинки – *песчаная почва*.

Второй вариант метода

Возьмите комочек почвы величиной с горошину и ногтём вотрите в кожу ладони. *Глинистые почвы* в сухом состоянии растираются на ладони с большим трудом, а после растирания дают тонкий однородный порошок. В *суглинистых почвах* среди преобладающих глинистых частиц отмечается незначительное количество песчаных, а в *супесчаных* преобладают песчаные частицы с небольшой примесью глинистых. *Песчаные почвы* состоят почти полностью из зёрен песка, почвенная масса сыпучая, легко растирающаяся.

Определение влажности почвы

Возьмите горсть почвы в руку. Если почва пылит, не холодит руку, то есть присутствия влаги в ней не ощущается, то почва *сухая*; почва не пылит, но крошится при сжатии – *свежая*; почва не пылит, холодит руку и при высыхании немного светлеет – *слегка увлажнённая*; почва при высыхании светлеет, при сжатии слипается, а затем сохраняет приданную ей форму, и при взятии рука ощущает влагу – *влажная*; почва при сжатии в руке превращается в тестообразную массу, вода смачивает руку, но не сочится между пальцев – *сырая*; при сжатии в ладони почва выделяет капельножидкую влагу, просачивающуюся между пальцами, а сама почва обнаруживает текучесть – *мокрая*.

Определение сложения почвы

Возьмите в руку комок почвы. Если при малейшем надавливании на него он распадается на составляющие его элементы или почва вообще находится в сыпучем состоянии, то *сложение почвы рассыпчатое*; комок распадается на составляющие элементы при значительном надавливании – *сложение почвы рыхлое*; комок практически не распадается – *сложение плотное*.

Определение плотности почвы

В сухом состоянии у почвы различают четыре степени плотности: *сильно уплотнённая* – нож или лопата при сильном ударе входит в почву на глубину не более 1 см; *средне уплотнённая* – нож или лопата входит на глубину 2–3 см и почва с трудом разламывается руками; *слабо уплотнённая* – нож или лопата входит на глубину 3–5 см и почва легко разламывается руками; *пушистая* – нож или лопата легко погружается в почву, она без усилия рассыпается.

Определение структуры почвы

Ножом вырежьте небольшой образец почвы из отвесной стенки прикопки и подбросьте его на штыке лопаты один–два раза. В результате образец должен распасться на структурные отдельности.

Агрегаты структурной почвы могут быть следующих нескольких типов.

А. Агрегаты, достаточно чётко ограниченные, имеющие рёбра:

а. агрегаты имеют примерно равные размеры по всем осям координат – *ореховатая структура*:

– средний размер отдельностей 5–15 мм – *среднеореховатая*,

– агрегаты больше 15 мм – *крупноореховатая*,

– меньше 5 мм – *мелкоореховатая*.

б. агрегаты вытянуты по вертикальной оси – *призматическая структура*; если они в поперечнике больше 5–10 см, а в верхней части округлые, то *структура столбчатая*.

Б. Агрегаты, имеющие грани, но лишённые чётких рёбер:

агрегаты плоские с резко укороченной вертикальной осью – *пластинчатая, или листовая, структура*.

В. Агрегаты округлые, без рёбер и граней:

а. агрегаты диаметром от 0,5 до 15 мм – *комковатая структура*; если агрегаты плотные, чётко оформленные – *зернистая структура*.

б. агрегаты диаметром 15–50 мм и более – *глыбистая структура*.

Если в образце в значительном количестве встречаются агрегаты двух или нескольких типов, то для структуры следует дать двойное или сложное название, например, комковато-зернистая или ореховато-призматическая и т. д.

Если структурные агрегаты выражены нечётко, то при описании следует почву охарактеризовать как *неясноструктурную*, а если образец представляет собой распылённую массу или наоборот сплошную глыбу, как *бесструктурную*.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
МЕТОДИКА ВЗЯТИЯ СМЕШАННОГО ОБРАЗЦА

Взятие смешанного почвенного образца

Определите размеры подлежащего обследованию участка. Отступите от одного из углов несколько внутрь участка. В этом месте сделайте прикопку, выкопав небольшую яму диаметром 30–40 см на требуемую глубину. Одну стенку ямы сделайте отвесной. С неё срежьте лопатой пласт почвы толщиной около 5 см. Положите срезанный пласт на землю и из его середины вырежьте ножом вертикальный столбик объёмом примерно 500 см³. Это будет индивидуальный образец. Положите его в ведро или иную ёмкость (на кусок полиэтилена, ткани и т. д.).

Повторите всю операцию с остальными углами обследуемого участка.

Мысленно соедините места прикопок линиями и на их пересечении сделайте центральную прикопку, также взяв в ней индивидуальный образец.

Если участок, подлежащий анализу, достаточно большой, мысленно разделите расстояния между каждыми двумя получившимися прикопками и в этих местах также возьмите индивидуальные образцы. Так повторяйте до тех пор, пока необходимое число индивидуальных проб не будет отобрано.

Когда все индивидуальные образцы будут взяты, почву высыпьте на кусок клеёнки или полиэтилена, тщательно размешайте и распределите ровным слоем. Двумя косыми чертами разделите образец на 4 части. Возьмите по верхний и нижний треугольник.

Если размер пробы недостаточен, снова перемешайте оставшуюся почву, разровняйте, разделите и возьмите правый и левый треугольники. Так повторяйте до получения смешанного почвенного образца требуемого объёма. Остальную почву оставьте.

В образец поместите этикетку, на которой укажите место взятия образца, дату и фамилии бравших пробу.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5
ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАЗЫ, ОТМЕЧАЕМЫЕ У РАСТЕНИЙ

Фенологические фазы деревьев и кустарников

Вегетация, в том числе возможно выделение следующих трёх этапов:

Набухание почек – появление на почвенных чешуях в результате их роста более светлых полосок, уголков и пятнышек; некоторое увеличение объёма почек.

Распускание почек – появление кончиков листьев между почечными чешуями.

Развёртывание первых листьев (зеленение) – почки раскрыты, листья стали разворачиваться, но листовые пластинки ещё не разгладились.

Бутонизация – цветочные почки (бутоны) хорошо развиты, но они ещё не раскрылись.

Цветение, в том числе возможно выделение следующих трёх этапов:

Начало цветения (зацветание) – появление первых цветков; маркируется пыльцой у ветроопыляемых растений и хорошо видимым цветком у опыляемых насекомыми.

Массовое цветение – на растении наблюдается максимальное раскрытие цветков.

Конец цветения (отцветание) – почти полное отсутствие функционирующих цветков; у ветроопыляемых маркируется отсутствием пыльцы и опадением цветков, у опыляемых насекомыми – опадением лепестков.

Плодоношение, в том числе возможно выделение трёх этапов:

Зелёные плоды – плоды на растении присутствуют, но ещё не созрели, и не началось их распространение.

Зрелые плоды – плоды созрели; происходит распространение плодов и семян.

Массовое плодоношение – выделяется в тот момент, когда возможен сбор плодов и семян для хозяйственных нужд человека.

Вегетация после цветения (вторичная вегетация) – время, когда на растении уже нет плодов и семян, но оно ещё не находится в состоянии покоя; здесь возможно выделение двух этапов, в свою очередь дробящихся на более мелкие стадии.

Осеннее раскрашивание листвы, в том числе возможно выделение двух этапов:

Начало раскрашивания листвы – на растении присутствуют отдельные раскрашенные листья.

Полная раскраска листвы – растение полностью или почти полностью лишено зелёных листьев.

Листопад, в том числе возможно выделение двух этапов:

Начало листопада – опадение первых раскрашенных листьев.

Конец листопада – полное оголение ветвей (возможно сохранение на них единичных листьев).

Фенологические фазы травянистых растений

Вегетация – на растении развиты вегетативные органы и отсутствуют видимые генеративные.

У однолетних растений возможно также выделение стадии *всходы*, а у многолетних – *отрастание*.

Бутонизация – растение сформировало видимые генеративные органы, которые находятся в виде в той или иной степени развитых цветочных почек (бутонов).

Цветение, в том числе возможно выделение следующих трёх этапов:

Начало цветения (зацветание) – появление первых цветков.

Массовое цветение – на растении максимальное число раскрытых цветков.

Конец цветения (отцветание) – почти полное отсутствие функционирующих цветков.

Плодоношение, в том числе возможно выделение двух этапов:

Зелёные плоды – плоды на растении присутствуют, но ещё не созрели, и не началось их распространение.

Зрелые плоды – плоды созрели; происходит распространение плодов и семян.

Вегетация после цветения (вторичная вегетация) – время, когда на растении уже нет плодов и семян, но оно ещё не находится в состоянии покоя; здесь возможно выделение двух этапов, в свою очередь дробящихся на более мелкие стадии.

У злаков возможно также выделение следующих стадий (как дополнительно, так и вместо указанных выше).

Кущение – начало появления листьев боковых побегов.

Выход в трубку – начало роста главного стебля.

Колошение – колос выдвинулся из влагалищ верхних листьев.

Цветение – происходит пыления цветков.

Молочная спелость – зерно достигает нормальной величины, но окраска его зелёная; при сдавливании пальцами выделяется жидкий эндосперм белого цвета («молочко»).

Восковая спелость – зерно жёлтое, восковой консистенции.

Полная спелость – зерно твёрдое.

Фенологические фазы споровых растений

Вегетация – на растении нет органов спороношения.

Спороношение – на растении есть органы спороношения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
ШКАЛА ЖИЗНЕННОСТИ РАСТЕНИЙ

Трёхбалльная шкала жизненности растений

I – жизненность хорошая: растение нормально цветёт и плодоносит, взрослые особи достигают нормальных для данного вида размеров; в популяции есть представители всех онтогенетических групп.

II – жизненность удовлетворительная: взрослые особи не достигают нормальных для данного вида размеров, но могут цвести и плодоносить; в популяции нет представителей тех или иных онтогенетических групп.

III – жизненность неудовлетворительная: взрослые особи имеют резкие размерные и/или морфологические отличия от типичных для вида форм, они не цветут и не плодоносят; в популяции отсутствуют представители многих онтогенетических групп.

Примечание: следует с осторожностью пользоваться данной шкалой при оценке жизненности растений осенью – нужно чётко дифференцировать естественное отмирание надземных органов как реакцию на наступление неблагоприятного периода от угнетения вследствие действия других факторов среды.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7
НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЁННЫЕ ШКАЛЫ ОБИЛИЯ (ВСТРЕЧАЕМОСТИ)

Шкала обилия Drude (1890)

| Балл | Описание |
|---|--|
| sociales (soc) | растения встречаются массой, особи смыкаются надземными частями, образуя фон |
| copiosae (cop): cop ³ cop ² cop ² | растения встречаются в очень большом или большом количестве, но фон не образуют; в том числе |
| | весьма обильно встречаются |
| | обильно |
| | довольно обильно |
| sparsae (sp) | растения встречаются в небольшом количестве, изредка, рассеянно |
| solitaria (sol) | растения встречаются редко, единично |
| unicum | растение найдено на пробной площади в единственном экземпляре |

При необходимости к основному баллу может быть добавлено указание на их скученность: при произрастании неравномерном, группами – gregariae (gr), при наличии резко обособленных куртин или зарослей – cumulosae (cum).

Шкала обилия Braun-Blanquet (1951)

| Балл | Описание |
|------|---|
| 5 | покрытие более 75% площади, численность любая |
| 4 | покрытие 51–75% площади, численность любая |
| 3 | покрытие 25–50% площади, численность любая |
| 2 | очень много или покрытие не менее 5% при любой численности |
| 1 | обильно, но с незначительным покрытием или довольно редко, но с большим покрытием |
| + | редко с незначительным покрытием |
| r | чрезвычайно редко с крайне незначительным покрытием |

ПРИЛОЖЕНИЕ 8
БЛАНК ДЛЯ ОПИСАНИЯ ТРАВЯНИСТЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ

БЛАНК ОПИСАНИЯ ТРАВЯНИСТОГО ФИТОЦЕНОЗА

№ _____ « ____ » _____ 20__ г.
Автор(ы) _____

Ассоциация _____

Форма и размер пробной площади _____

Географическое положение пробной площади и её координаты _____

Положение пробной площади в рельефе ландшафта _____

Макрорельеф _____

Мезорельеф _____

Микрорельеф _____

Глубина стояния грунтовых вод _____

Характер увлажнения территории _____

Другие физические и химические условия среды на пробной площади _____

Мёртвый покров _____

Почва

Название почвы _____

Глубина почвенного разреза _____

Глубина и характер вскипания от HCl _____

Материнская порода _____

Поверхность почвы _____

Характеристика почвенного разреза

| Рисунок почвенного разреза | Горизонт и его мощность, см | Описание почвенного разреза по горизонтам |
|----------------------------|-----------------------------|---|
| | | |

Номер(а) почвенных образцов и глубина их взятия _____

Травянистый покров

Проективное покрытие общее и по подъярусам _____

Общий облик яруса и аспектирующие виды _____

Наличие синузий их облик _____

Характеристика травянистого покрова

| Вид растения | Проективное покрытие, % | Обилие, балл | Высота, см | | Фенологическая фаза | Жизненность, балл | |
|--------------|-------------------------|--------------|---------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| | | | <i>максимальная</i> | <i>господствующая</i> | | <i>максимальная</i> | <i>господствующая</i> |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

| Вид растения | Проективное покрытие, % | Обилие, балл | Высота, см | | Фенологическая фаза | Жизненность, балл | |
|--------------|-------------------------|--------------|--------------|----------------|---------------------|-------------------|----------------|
| | | | максимальная | господствующая | | максимальная | господствующая |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Примечания: _____

Мохово-лишайниковый покров

Проективное покрытие _____

Характеристика мохово-лишайникового покрова

| Вид мха или лишайника | Проективное покрытие, % | Обилие, балл | Высота, см | | Репродуктивная фаза | Жизненность, балл | |
|-----------------------|-------------------------|--------------|---------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| | | | <i>максимальная</i> | <i>господствующая</i> | | <i>максимальная</i> | <i>господствующая</i> |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Примечания: _____

Напочвенные грибы и водоросли _____

Влияние на фитоценоз животных и человека

Встреченные на пробной площади животные _____

Следы жизнедеятельности животных на пробной площади _____

История фитоценоза и его современное использование _____

Следы деятельности человека на пробной площади _____

Перечень приложений _____

Подписи авторов описания

**ПРИЛОЖЕНИЕ 9
БЛАНК ДЛЯ ОПИСАНИЯ ВОДОЁМА**

БЛАНК ОПИСАНИЯ ВОДОЁМА

№ _____ « ____ » _____ 20__ г.
Автор(ы) _____

Длина и ширина трансекты _____

Географическое положение трансекты и её координаты _____

Макрорельеф _____

Мезорельеф _____

Микрорельеф наземной части _____

Другие физические и химические условия среды _____

Описание водоёма _____

Экологический тип водоёма _____

Прибрежный грунт _____

Цвет воды _____

Прозрачность воды _____

Запах воды _____

Вкус воды _____

Температура воды _____

Другие физические и химические показатели воды _____

Характеристика растений трансекты

| Вид растения | Высота растения, см | | Фенологическая фаза | Жизненность, балл | |
|--------------|---------------------|----------------|---------------------|---------------------|----------------|
| | <i>максимальная</i> | господствующая | | <i>максимальная</i> | господствующая |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Примечания: _____

Влияние на водоём животных и человека

Встреченные на водоёме животные _____

Оценка водоёма по биотическим индексам _____

История водоёма и его современное использование _____

Следы деятельности человека на водоёме _____

Перечень приложений _____

Подписи авторов описания

ПРИЛОЖЕНИЕ 10
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТИПА ВОДОЁМА

Определение экологического типа (трофических свойств) водоёма

(по: Биологический контроль..., 2010)

Определение основано на оценке встречаемости индикаторных видов макрофитов, растущих по берегам и в самом водоёме.

Растения-индикаторы водоёмов различной трофности

| | Тип водоёма | | | |
|----------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| | <i>дистрофный</i> | <i>олиготрофный</i> | <i>мезотрофный</i> | <i>эвтрофный</i> |
| Виды растений | мхи рода сфагнум | уруть очерёдно-цветковая | рдест сплюснутый | виды рода шелковник |
| | вахта трёхлистная | лютик простёртый | виды рода ряска | |
| | белокрыльник болотный | виды рода полушник | частуха подорожниковая | |
| | сабельник болотный | рдест блестящий | виды рода кувшинка | |
| | ежеголовник родственный | | водокрас лягушачий | |
| | кубышка жёлтая | | элодея канадская | |

Номера типов водоёма

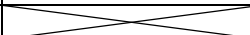
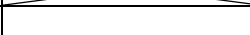
| Тип водоёма | Номер |
|--------------|-------|
| ацидотрофный | 0 |
| дистрофный | 1 |
| олиготрофный | 2 |
| мезотрофный | 3 |
| эвтрофный | 4 |

Баллы частот встречаемости растений-индикаторов

| Частота встречаемости | Балл |
|-----------------------|------|
| очень редко | 1 |
| редко | 2 |
| нередко | 3 |
| часто | 5 |
| очень часто | 7 |
| масса | 9 |

Для расчёт трофности определяют наличие в водоёме и по его берегам растений-индикаторов и оценивают их встречаемость. Данные заносят в таблицу ниже. Делением суммы произведений [4] на сумму частот встречаемости [3] находится балл трофности данного водоёма.

Таблица для расчёта трофности водоёма

| Вид растения-индикатора | Тип водоёма [1] | Частота встречаемости [2] | Произведение [1]x[2] |
|---------------------------------------|--------------------|------------------------------|---|
| | | | |
| сумма частот встречаемости [3] | | |  |
| сумма произведений [4] | | |  |

Помимо этого определения некоторые представления об экологическом типе водоёма дают небиологические показатели, приведённые в таблице ниже.

Характеристика водоёмов различных типов

| Показатель | Тип водоёма | | | | |
|--|-----------------------|--------------------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------------|
| | <i>ацидо-трофный</i> | <i>дистрофный</i> | <i>олиготрофный</i> | <i>мезотрофный</i> | <i>эвтрофный</i> |
| <i>котловина</i> | небольшая, неглубокая | десятки и сотни га, глубина до 2–4 м | обширная глубокая | сотни и тысячи га | различная |
| <i>прибрежный грунт</i> | торфянистый | илистый | песчано-каменистый | песчано-каменистый | заиленные пески, ил |
| <i>цвет воды</i> | бурый | буровато-жёлтый | голубой | зелёный и жёлто-зелёный | зеленовато-жёлтый, жёлтый |
| <i>прозрачность воды</i> | менее 1,5 м | до 1,5 | до 10 м и более | до 4–6 м | до 2–3 м |
| <i>содержание кислорода, мг/л</i> | низкое, меньше 4 | низкое, меньше 4 | высокое, больше 8 | среднее, 7–8 | пониженное, 5–7 |
| <i>кислотность, рН</i> | меньше 5 | 5–6 | 7 | 6–7 | 6–7 |
| <i>минерализация, мг/л</i> | низкая, меньше 50 | пониженная 51–99 | низкая, меньше 50 | пониженная, 51–99 | умеренная, 100–99 |
| <i>жесткость воды, моль Са²⁺; Mg²⁺/л</i> | мягкая, меньше 1,5 | мягкая, меньше 1,5 | мягкая, меньше 1,5 | мягкая, меньше 1,5 | умеренно жёсткая, 1,5–3,0 |

**ПРИЛОЖЕНИЕ 11
МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
НЕКОТОРЫХ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДОЁМА**

Прозрачность

Прозрачность воды можно оценить непосредственно в поле и в лаборатории.

В поле ведётся определение с помощью диска Секки (можно использовать любой круг с белой поверхностью, к которому прикреплен груз и верёвка с отметками для определения глубины погружения). Диск опускают в воду в тени погружают в воду и отмечают глубину, на которой он перестаёт быть виден; затем поднимают и отмечают глубину, на которой он вновь стал виден. Среднее из этих двух замеров – показатель прозрачности воды.

В лаборатории мерой прозрачности является столб воды, через который можно читать текст на белой бумаге с высотой букв 3,5 мм. Испытуемую воду наливают в цилиндр с внутренним диаметром 2,5 см. Цилиндр устанавливают над шрифтом на высоте 4 см и, просматривая через него (вертикально) текст (подливая или сливая по необходимости воду), определяют высоту столба, достаточную для чтения.

Запах

Запах воду определяется при температурах 20 и 60°C. Для этого в колбу объёмом 150–250 мл наливают 100 мл испытуемой воды, плотно закрывают и встряхивают вращением. После этого, открыв, быстро определяют запах и его интенсивность. Желательно проводить испытания в помещении, лишённом собственного запаха, а также привлекать к нему несколько человек.

Сравнительная характеристика естественных запахов

| Характер запаха | Пример |
|-----------------|---------------------------------|
| ароматный | цветочный, огуречный |
| болотный | илистый, тинистый |
| гнилостный | фекальный, сточной воды |
| древесный | древесной коры, щепы |
| землистый | глинистый, прелый |
| плесневый | затхлый, застойный |
| рыбный | рыбы |
| сероводородный | тухлых яиц |
| травянистый | скошенной травы и сена |
| неопределённый | не подходящий под описания выше |

В случае искусственных запахов их называют по соответствующим веществам: бензиновый, хлорный и т. д.

Интенсивность запаха воды

| Балл | Интенсивность | Качественная характеристика |
|------|---------------|--|
| 0 | никакой | отсутствие ощутимого запаха |
| 1 | очень слабый | запах обнаруживается опытным исследователем |
| 2 | слабый | запах обнаруживается, если обратить на него внимание |
| 3 | заметный | запах легко обнаруживается |
| 4 | отчётливый | запах обращает на себя внимание |
| 5 | очень сильный | запах настолько сильный, что делает воду непригодной для питья |

ПРИЛОЖЕНИЕ 12
МЕТОДИКИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Оценка флуктуирующей асимметрии древесных и травянистых растений

Флуктуирующая асимметрия, то есть отклонение в развитии правой и левой сторон потенциально симметричного органа, может являться одним из способов оценки общего воздействия среды на биоту. Для работы необходимо выбирать наиболее распространённые виды животных (однако работа с ними относительно более трудоёмка, чем с растениями) и растения с чётко симметричными листьями.

Из лесных растений нам представляют удобными берёза повислая, сосна обыкновенная, сныть обыкновенная; из луговых – подорожник большой и средний, манжетка обыкновенная и мать-и-мачеха обыкновенная; из водных и околоводных – рдест блестящий, пронзеннолистный и плавающий, частуха подорожниковая. Спектр растений можно расширить в конкретных условиях, помня, что лист растения-индикатора должен быть абсолютно симметричным.

Среди животных удобными объектами являются: из рыб – карась золотой и серебряный, земноводных – зелёная лягушка, млекопитающих – полёвка рыжая и бурозубка обыкновенная. Однако эти методики требуют обычно безвозвратного изъятия особей из природы и в настоящей работе не рассматриваются.

Для работы с растениями следует взять с одной точки не менее 25 (лучше 100) хорошо развитых листьев с одного яруса древесного или одного уровня травянистого растения. Для оценки достаточно измерить длину одной и той же жилки на левой и правой стороне.

Коэффициент флуктуирующей асимметрии определяют по предложенной Захаровым (1979) формуле

$$K = \frac{\sum |l_i - r_i|}{(l_i + r_i)}, \text{ где}$$

l – длина жилки с левой стороны листа;

r – длина жилки с правой стороны листа;

n – число листьев в выборке.

Итоговый индекс сравнивается с табличными значениями ниже, а по полученному баллу определяется общая характеристика среды обитания.

Балльная система качества среды обитания по показателю флуктуирующей асимметрии (по Стрельцову, 2003)

| Название вида | Балл асимметрии | | | | |
|--------------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| берёза повислая | <0.055 | 0.56–0.060 | 0.061–0.065 | 0.065–0.070 | >0.070 |
| остальные растения | <0.0018 | 0.0019–0.0089 | 0.0090–0.022 | 0.022–0.04 | >0.04 |

Баллы соответствуют следующим условиям среды обитания:

1 балл – чисто;

2 балла – относительно чисто, или норма;

3 балла – загрязнено, или тревога;

4 балла – грязно, или опасно;

5 баллов – очень грязно, или вредно.

Оценка состояния воздуха по хвое сосны обыкновенной

Для работы следует выбрать сосны высотой 1–1,5 м с 8–15 боковыми побегами. Участок, на котором они растут нужно обследовать на вытоптанность, при этом степень нарушенности оценивается в следующих баллах:

- 1 балл – вытаптывания нет;
- 2 балла – протоптаны тропы;
- 3 балла – практически нет ни травы, ни кустарников;
- 4 балла – есть только немного травы около деревьев.

При нарушениях уровня 3 и 4 баллов дальнейшая оценка по хвое невозможна.

Для оценки следует выбрать не менее 30 хвоинок предыдущего года.

Независимо оцениваются их

(1) повреждения (некрозы):

- 1 балл – некрозы отсутствуют;
- 2 балла – некротические пятна мелкие; их немного;
- 3 балла – некротических пятен много, они большие или вообще вся хвоинка поражена;

(2) усыхания (следует помнить, что сам кончик хвоинки не оценивается):

- 1 балл – на хвоинках нет сухих участков;
- 2 балла – на хвоинках усох кончик 2–5 мм
- 3 балла – усохла треть хвоинки;
- 4 балла – вся или большая часть хвоинки сухая.

При этом первый балл усыхания соответствует первому баллу повреждения; второй, третий и четвертый – третьему баллу.

Затем оценивается продолжительность жизни хвои, считая, что каждая мутовка – это год жизни.

Оценка степени загрязнения воздуха проводится по следующей таблице.

Оценка загрязнения воздуха с использованием хвои сосны обыкновенной

| Максимальный возраст хвои | Класс повреждения хвои на побегах второго года жизни | | |
|---------------------------|--|------|--------|
| | 1 | 2 | 3 |
| 4 | I | I–II | III |
| 3 | I | II | III–IV |
| 2 | II | III | IV |
| 2 | – | IV | IV–V |
| 1 | – | IV | V–VI |
| 1 | – | – | VI |

Примечания: прочерк означает, что такое сочетание признаков невозможно.

Баллы таблицы соответствуют следующей чистоте атмосферы:

- I – воздух идеально чистый;
- II – воздух чистый;
- III – воздух относительно чистый, условная норма
- IV – воздух загрязнённый, тревога;
- V – воздух грязный, опасно;
- VI – воздух очень грязный, вредно

Оценка состояния воздуха с помощью лишайников

Чистота воздуха с помощью лишайников обычно оценивается на пробных учётных площадках площадью 100 см². Для этого делается палетка из прозрачного материала, чаще всего представляющая собой квадрат со стороной 10 см. Квадрат разлинован на 100 ячеек.

На обследуемом стволе дерева закладывается 4 площадки на высоте 150 см (можно заложить дополнительную серию на высоте 50 см) обычно с юга, востока, севера и запада или же от источника загрязнения, с обратной стороны ствола, и с двух сторон перпендикулярно первой линии. Таких площадок следует заложить минимум 40 (то есть, на 10 деревьях).

Самый простой вариант методики предусматривает учёт степени проективного покрытия, занимаемого всеми лишайниками, считая, что одна полностью заполненная лишайниками ячейка соответствует 1%. Затем подсчитывается число видов лишайников на обследуемой площадке и количество отдельных талломов лишайников доминирующего вида.

Данные заносят в следующую таблицу.

Матрица оценки качества воздуха по проективному покрытию лишайников

| Порядковый номер ствола дерева | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Степень покрытия лишайниками, % | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Число видов лишайников | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Число талломов лишайников доминирующего вида | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

Затем следует оценить среднее проективное покрытие на всей обследуемой территории, среднее число видов там и среднее число талломов лишайников доминирующего вида. По этим показателям оценивается качество воздуха с помощью следующей таблицы.

Оценка загрязнения воздуха по проективному покрытию лишайников

| Степень покрытия | Число видов | Число талломов доминирующего вида | Степень загрязнения |
|------------------|-------------|-----------------------------------|----------------------------|
| >50% | >5 | >5 | очень чистый воздух |
| | 3–5 | >5 | чистый воздух |
| | 2–5 | <5 | относительно чистый воздух |
| 20–50% | >5 | >5 | умеренное загрязнение |
| | >2 | <5 | сильное загрязнение |
| <20% | 3–5 | <5 | очень сильное загрязнение |
| | 0–2 | <5 | очень сильное загрязнение |

Оценка состояния почвы по частотам встречаемости фенов белого клевера

Число различных вариантов рисунка (фенов) на листьях клевера белого может служить мерой для оценки качества среды вообще и почвы в частности. Для работы следует отобрать не менее 200 листьев, собирая по одному листу через каждые 2–3 шага (в зависимости от длины плети).

Собранные листья анализируют на наличие тех или иных стандартных фенов, пользуясь распространёнными рисунками. Кроме этого выделяются феноны, неописанные ранее. Данные заносят в таблицу, приведённую ниже.

Матрица учёта фенов клевера белого

| Фен | Число листьев с данным феном |
|-----------------|------------------------------|
| фен 1 | |
| ... | |
| фен n | |
| новая форма 1 | |
| ... | |
| новая форма n | |

По полученным данным рассчитывается Индекс соотношения фенов по следующей формуле:

$$\text{ИСФ} = \frac{n_1 + \dots + n_m}{N} \times 100\%$$

На чистых территориях величина данного индекса не превышает 30%; на загрязнённых она достигает 70–80%. В целом, чем выше индекс, тем более напряжённая обстановка на данном участке.

Оценка состояния воды по животному населению

Присутствие тех или иных индикаторных организмов и число их видов в соотношении с другими организмами может служить мерой оценки качества воды в водоёме. Для этого отбирается проба (лучше на разных участках водоёма с разными типами дна; но в любом случае – не менее 3 образцов) с помощью водного сачка, так, чтобы в неё попали и водные, и донные организмы.

Проба разбирается с целью определения в ней ключевых видов и сопутствующих групп. После этого с помощью приведённой ниже таблицы оценивается биотический индекс; чем он выше, тем чище данный водоём.

Определение биотического индекса пресноводных экосистем по беспозвоночным животным

| Ключевые организмы | | Общее число групп | | | | |
|--|---|-------------------|-----|------|-------|----|
| | | 1 | 2–5 | 6–10 | 11–15 | 16 |
| личинки веснянок | более одного вида | – | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | только один вид | – | 6 | 7 | 8 | 9 |
| личинки подёнок | более одного вида | – | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | только один вид | – | 5 | 6 | 7 | 8 |
| личинки ручейников | более одного вида | – | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | только один вид | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| бокоплавы | остальные виды отсутствуют | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| водяные ослики | все прочие виды отсутствуют | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| черви трубочники и/или красные личинки | все прочие виды отсутствуют | 1 | 2 | 3 | 4 | – |
| все ключевые виды отсутствуют | могут быть организмы, не требующие растворённого в воде кислорода | 0 | 1 | 2 | – | – |

ПРИЛОЖЕНИЕ 13
ПРОГРАММА ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Программа фенологических наблюдений, предлагаемая для Республики Коми²

В приводимой программе фенологических наблюдений предлагается большой круг явлений живой и неживой природы, доступных для слежения на большей части территории республики. В конкретной местности следует выбрать более узкий круг явлений, наблюдения за которыми, однако, нужно вести очень тщательно, точно указывая календарные даты того или иного события. При этом в абсолютном большинстве случаев следует отмечать только лично наблюдавшиеся явления.

Объекты фенологических наблюдений нужно выбрать в типичных для данной местности условиях, в местах, где они встречаются массово и не поражены болезнями и вредителями или имеют иные признаки угнетения. Желательно заранее выбрать единый для всех сезонов года маршрут, на котором можно встретить все выбранные объекты. При этом следует учитывать, что в некоторые сезоны года (в первую очередь – в разгар весны), когда явления в природе меняются быстро, проход по маршруту нужно будет производить ежедневно.

Начало наступления большинства фенологических фаз у растений отмечается, когда в данную фазу вступило несколько (3–5 особей у деревьев и кустарников, 10–15% наблюдаемой группы травянистых растений и, особенно, сельскохозяйственных культур). Массовое вступление – в момент, когда она наблюдается не менее, чем у половины наблюдаемых растений. Полное окрашивание фиксируется, когда все деревья и кустарники стоят в осенней листве; окончание листопада – когда на них не осталось листьев.

У насекомых принято отмечать два момента для большинства фенологических явлений – начало лёта (или выхода из зимовальных гнёзд и т. д.) и массовый лёт. При этом началом считают момент, когда в благоприятный для насекомого период, отмечены единичные его представители; массовым – если замечено появление групп в 5–10 особей, или на одном месте в течение дня зафиксировано присутствие 5–10 экземпляров одного и того же вида.

При наблюдении за птицами некоторую сложность представляет фиксирование дат их отлёта; здесь важно отметить первую стаю улетающих птиц, массовый отлёт (день, когда отмечены 3–4 улетающие стаи) и конец отлёта, то есть день, когда зафиксирована последняя стая улетающих птиц. Отлёт тех птиц, которые не образуют хорошо видимых стай, можно выявить ретроспективно, если на своих фенологических экскурсиях, помимо наблюдения над выбранными объектами, также записывать всех встреченных птиц. Обработывая впоследствии эту информацию, можно выяснить, когда представители того или иного вида были встречены последний раз, а значит, приблизительно определить время массового отлёта и отлёта последних особей.

Объяснение некоторых фенологических явлений даны в приложениях выше при описании фенологических фаз некоторых растений. Остальные, на наш взгляд, в дополнительных комментариях не нуждаются.

² Данная программа составлена преимущественно на базе Программы фенологических наблюдений А. И. Шернина (1962) для Кировской области. Взять её за основу позволяет географическое соседство регионов и относительное сходство их природных условий.

Даты наступления отдельных фенологических явлений по годам

| № п/п | Явление | Год | | | | | Среднее значение |
|----------|---|-----|--|--|--|--|---------------------|
| | | | | | | | |
| 126 | Появление майских жуков первые жуки массовый лёт | | | | | | |
| 127 | | | | | | | |
| 128 | | | | | | | |
| 129 | Прилёт ласточек ⁴ первые птицы массовый прилёт | | | | | | |
| 130 | | | | | | | |
| 131 | | | | | | | |
| 132 | Первая песня соловья | | | | | | |
| 133 | Прилёт стрижей первые птицы массовый прилёт | | | | | | |
| 134 | | | | | | | |
| 135 | | | | | | | |
| 136 | Цветение чёрной смородины первые цветки массовое цветение | | | | | | |
| 137 | | | | | | | |
| 138 | | | | | | | |
| 139 | Цветение кислицы первые цветки массовое цветение | | | | | | |
| 140 | | | | | | | |
| 141 | | | | | | | |
| 142 | Последний заморозок в воздухе | | | | | | |
| 143 | Цветение земляники первые цветки массовое цветение | | | | | | |
| 144 | | | | | | | |
| 145 | | | | | | | |
| 146 | Появление комаров-пискунов первые комары массовый лёт | | | | | | |
| 147 | | | | | | | |
| 148 | | | | | | | |
| 149 | Цветение черёмухи первые цветки массовое цветение | | | | | | |
| 150 | | | | | | | |
| 151 | | | | | | | |
| 152 | Цветение черники первые цветки массовое цветение | | | | | | |
| 153 | | | | | | | |
| 154 | | | | | | | |
| 155 | Цветение купальницы первые цветки массовое цветение | | | | | | |
| 156 | | | | | | | |
| 157 | | | | | | | |
| 158 | Цветение княжика сибирского первые цветки массовое цветение | | | | | | |
| 159 | | | | | | | |
| 160 | | | | | | | |
| 161 | Появление ранних стрекоз первые стрекозы массовый вылет | | | | | | |
| 162 | | | | | | | |
| 163 | | | | | | | |
| 164 | «Цветение» сосны начало пыления массовое пыление | | | | | | |
| 165 | | | | | | | |
| 166 | | | | | | | |
| 167 | Цветение клевера лугового первые цветки массовое цветение | | | | | | |
| 168 | | | | | | | |
| 169 | | | | | | | |

⁴ Необходимо указать, за какими ласточками ведутся наблюдения.

Даты наступления отдельных фенологических явлений по годам

| № п/п | Явление | Год | | | | | Среднее значение |
|----------|-----------------------------|-----|--|--|--|--|---------------------|
| | | | | | | | |
| 170 | Цветение брусники | | | | | | |
| 171 | первые цветки | | | | | | |
| 172 | массовое цветение | | | | | | |
| 173 | Цветение рябины | | | | | | |
| 174 | первые цветки | | | | | | |
| 175 | массовое цветение | | | | | | |
| 176 | Цветение шиповника | | | | | | |
| 177 | первые цветки | | | | | | |
| 178 | массовое цветение | | | | | | |
| 179 | Появление слепней | | | | | | |
| 180 | первые насекомые | | | | | | |
| 181 | массовый вылет | | | | | | |
| 182 | Цветение лютика едкого | | | | | | |
| 183 | первые цветки | | | | | | |
| 184 | массовое цветение | | | | | | |
| 185 | Цветение поповника | | | | | | |
| 186 | первые цветки | | | | | | |
| 187 | массовое цветение | | | | | | |
| 188 | Появление бабочек-боярышниц | | | | | | |
| 189 | первые бабочки | | | | | | |
| 190 | массовый вылет | | | | | | |
| 191 | Цветение малины | | | | | | |
| 192 | первые цветки | | | | | | |
| 193 | массовое цветение | | | | | | |
| 194 | Цветение тимopheевки | | | | | | |
| 195 | первые цветки | | | | | | |
| 196 | массовое цветение | | | | | | |
| 197 | Цветение кубышки жёлтой | | | | | | |
| 198 | первые цветки | | | | | | |
| 199 | массовое цветение | | | | | | |
| 200 | Появление крупных стрекоз | | | | | | |
| 201 | первые стрекозы | | | | | | |
| 202 | массовый лёт | | | | | | |
| 203 | Первый сбор маслят | | | | | | |
| 204 | Цветение кувшинки | | | | | | |
| 205 | первые цветки | | | | | | |
| 206 | массовое цветение | | | | | | |
| 207 | Плодоношение земляники | | | | | | |
| 208 | первые ягоды | | | | | | |
| 209 | массовое плодоношение | | | | | | |
| 210 | Первый сбор подберёзовиков | | | | | | |
| 211 | Плодоношение земляники | | | | | | |
| 212 | первые ягоды | | | | | | |
| 213 | массовое плодоношение | | | | | | |

Даты наступления отдельных фенологических явлений по годам

| № п/п | Явление | Год | | | | | Среднее значение |
|----------|---|-----|--|--|--|--|---------------------|
| | | | | | | | |
| 214 | Цветение иван-чая первые цветки массовое цветение | | | | | | |
| 215 | | | | | | | |
| 216 | | | | | | | |
| 217 | Застрекотали кузнечики | | | | | | |
| 218 | Первый сбор подосиновиков | | | | | | |
| 219 | Первый сбор белых грибов | | | | | | |
| 220 | Первый сбор рыжиков | | | | | | |
| 221 | Плодоношение черники первые ягоды массовое плодоношение | | | | | | |
| 222 | | | | | | | |
| 223 | | | | | | | |
| 224 | Плодоношение чёрной смородины первые ягоды массовое плодоношение | | | | | | |
| 225 | | | | | | | |
| 226 | | | | | | | |
| 227 | Плодоношение малины первые ягоды массовое плодоношение | | | | | | |
| 228 | | | | | | | |
| 229 | | | | | | | |
| 230 | Плодоношение черёмухи первые ягоды массовое плодоношение | | | | | | |
| 231 | | | | | | | |
| 232 | | | | | | | |
| 233 | Плодоношение костяники первые ягоды массовое плодоношение | | | | | | |
| 234 | | | | | | | |
| 235 | | | | | | | |
| 236 | Первый сбор груздей | | | | | | |
| 237 | Ласточки собираются в стаи | | | | | | |
| 238 | Последние крики стрижей | | | | | | |
| 239 | Плодоношение брусники первые ягоды массовое плодоношение | | | | | | |
| 240 | | | | | | | |
| 241 | | | | | | | |
| 242 | Раскрашивание листвы берёзы первые жёлтые листья массовое пожелтение полное окрашивание | | | | | | |
| 243 | | | | | | | |
| 244 | | | | | | | |
| 245 | | | | | | | |
| 246 | Раскрашивание листвы осины первые жёлтые листья массовое пожелтение полное окрашивание | | | | | | |
| 247 | | | | | | | |
| 248 | | | | | | | |
| 249 | | | | | | | |
| 250 | Раскрашивание листвы черёмухи первые жёлтые листья массовое пожелтение полное окрашивание | | | | | | |
| 251 | | | | | | | |
| 252 | | | | | | | |
| 253 | | | | | | | |
| 254 | Раскрашивание листвы рябины первые окрашенные листья массовое окрашивание полное окрашивание | | | | | | |
| 255 | | | | | | | |
| 256 | | | | | | | |
| 257 | | | | | | | |
| 258 | Появление летающей паутины | | | | | | |

Даты наступления отдельных фенологических явлений по годам

| № п/п | Явление | Год | | | | | Среднее значение |
|----------|--|-----|--|--|--|--|---------------------|
| | | | | | | | |
| 259 | Листопад у берёзы начало листопада массовый листопад окончание листопада | | | | | | |
| 260 | | | | | | | |
| 261 | | | | | | | |
| 262 | | | | | | | |
| 263 | Листопад у осины начало листопада массовый листопад окончание листопада | | | | | | |
| 264 | | | | | | | |
| 265 | | | | | | | |
| 266 | | | | | | | |
| 267 | Листопад у черёмухи начало листопада массовый листопад окончание листопада | | | | | | |
| 268 | | | | | | | |
| 269 | | | | | | | |
| 270 | | | | | | | |
| 271 | Отлёт гусей первые стаи массовый отлёт последняя стая | | | | | | |
| 272 | | | | | | | |
| 273 | | | | | | | |
| 274 | | | | | | | |
| 275 | Листопад у рябины начало листопада массовый листопад окончание листопада | | | | | | |
| 276 | | | | | | | |
| 277 | | | | | | | |
| 278 | | | | | | | |
| 279 | Первый заморозок в воздухе | | | | | | |
| 280 | Отлёт уток-крякв первые стаи массовый отлёт последняя стая | | | | | | |
| 281 | | | | | | | |
| 282 | | | | | | | |
| 283 | | | | | | | |
| 284 | Раскрашивание хвои лиственницы начало пожелтения массовое пожелтение полное окрашивание | | | | | | |
| 285 | | | | | | | |
| 286 | | | | | | | |
| 287 | | | | | | | |
| 288 | Улетели последние грачи | | | | | | |
| 289 | Листопад у лиственницы начало листопада массовый листопад окончание листопада | | | | | | |
| 290 | | | | | | | |
| 291 | | | | | | | |
| 292 | | | | | | | |
| 293 | Первый снежный покров | | | | | | |
| 294 | Установление постоянного снежного покрова | | | | | | |

ПРИЛОЖЕНИЕ 14
МАТРИЦА ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ФИТОЦЕНОЗОМ

МАТРИЦА ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ФИТОЦЕНОЗОМ НА ПОСТОЯННОЙ ПЛОЩАДКЕ

Вечнозелёные деревья и кустарники

| Вид растения | Параметр наблюдения | | | | | Примечания |
|--------------|---------------------|----------|-------------|----------|----------------------|------------|
| | Пыление | | Обсеменение | | Урожайность, балл | |
| | начало | массовое | начало | массовое | | |
| | | | | | | |

Листопадные деревья и кустарники

| Вид растения | Набухание почек | Распускание почек | Зеленение | Цветение | | | Оценка цветения, балл | Плодо- ношение | | Урожайность, балл | Осеннее раскра- шивание | | | Листопад | | | Примечания | |
|--------------|-----------------|-------------------|-----------|----------|----------|-----------|--------------------------|-------------------|----------|----------------------|----------------------------|----------|--------|----------|----------|-----------|------------|--|
| | | | | начало | массовое | окончание | | начало | массовое | | начало | массовое | полное | начало | массовое | окончание | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Злаки

| Вид растения | Всходы | | Кущение | | Выход в трубку | | Коло- шение | | Цветение | | Оценка цветения, балл | Плодоношение | | | | | | Урожайность, балл | Примечания | | |
|--------------|--------|----------|---------|----------|-------------------|----------|----------------|----------|----------|----------|--------------------------|----------------------|----------|----------------------|----------|--------------------|----------|-------------------|------------|--|--|
| | первые | массовые | начало | массовое | начало | массовый | начало | массовое | начало | массовое | | молочная спелость | | восковая спелость | | полная спелость | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | начало | массовая | начало | массовая | начало | массовая | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Незлаковые травы

| Вид растения | Всходы | | Цветение | | Оценка цветения, балл | Плодоношение | | Урожайность, балл | Примечания |
|--------------|--------|----------|----------|----------|-----------------------------|--------------|----------|----------------------|------------|
| | первые | массовые | начало | массовое | | начало | массовое | | |
| | | | | | | | | | |

ПРИЛОЖЕНИЕ 15
МЕТОДЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ
ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ООПТ

Введение

В соответствии с общими представлениями **мониторинг** – это систематический сбор и обработка информации, которая может быть использована для улучшения процесса принятия решения, а также, косвенно, для информирования общественности или прямо как инструмент обратной связи в целях осуществления проектов, оценки программ или выработки политики. Он несёт одну или более из трёх организационных функций:

- выявляет состояние критических или находящихся в состоянии изменения явлений окружающей среды, в отношении которых будет выработан курс действий на будущее;
- устанавливает отношения со своим окружением, обеспечивая обратную связь, в отношении предыдущих удач и неудач определенной политики или программ;
- устанавливает соответствия правилам и контрактным обязательствам. [16]

Мониторинг состояния — наблюдение за состоянием объекта для определения и предсказания момента перехода в предельное состояние. Результат мониторинга состояния объекта представляет собой совокупность диагнозов составляющих его субъектов, получаемых на неразрывно примыкающих друг к другу интервалах времени, в течение которых состояние объекта существенно не изменяется. Принципиальным отличием **мониторинга состояния** от **мониторинга параметров** является наличие интерпретатора измеренных параметров в терминах состояния — экспертной системы поддержки принятия решений о состоянии объекта и дальнейшем управлении.[16]

Экологический мониторинг (мониторинг окружающей среды) — это комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.[16]

В настоящее время мониторинг, как информационная система оперативного наблюдения, оценки и прогноза изменений в состоянии окружающей среды, тесно сопряжен с цифровым моделированием объектов и использованием пространственных данных в геоинформационных системах. Актуальность применения ГИС для ведения мониторинга обусловлена возможностью интеграции и обработки больших объемов разнородной пространственной и атрибутивной информации, в том числе, данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и систем спутникового глобального позиционирования.

Использование средств ДЗЗ дает актуальную и достоверную информацию о состоянии природной среды и о хозяйственной деятельности на любой самой удалённой территории. Методы ДЗЗ позволяют получать качественные и количественные характеристики природных объектов с точной географической привязкой, параметры их пространственного распределения. Важным свойством информации, полученной при анализе ДЗЗ, является независимость от любых попыток ее сокрытия или ограничения доступа. Наличие разновременных данных ДЗЗ для одного участка поверхности Земли позволяет проследить динамику происходящих явлений.

Наблюдение и съёмка поверхности Земли осуществляется с помощью авиационных и космическими средств, оснащённых различными видами съёмочной аппаратуры. Заключение о целесообразности использования того или иного вида съёмки следует делать применительно к конкретному объекту с учетом конкретной задачи и условий ее выполнения.

Прежде всего, при выборе методов и средств, с помощью которых могут решаться экологические и природоресурсные задачи в рамках экологического мониторинга, необходимо учитывать следующее:

Республика Коми имеет значительную площадь территории, которая составляет почти 416 000 км². Территория включает труднодоступные участки, характеризующиеся плохо развитой дорожной сетью или полным отсутствием дорог. Регион характеризуется непродолжительным дождливым летним периодом. Каждый район республики имеет свою специфику за счет характерных физико-географических особенностей и/или видов промышленной деятельности, развитой на ней, техногенных объектов повышенной опасности.

Природные и техногенные явления, являющиеся предметом наблюдений и контроля, имеют различное развитие во времени. Некоторые процессы требуют сиюминутного наблюдения, а многие протекают долгое время и для понимания их природы и прогнозирования поведения необходима хронологическая картина. Поэтому, в зависимости от складываю-

щейся обстановки и масштаба ситуации, следует разделять деятельность в системе мониторинга на повседневную, в режиме повышенной готовности, в режиме чрезвычайной ситуации.

В настоящей работе рассматриваются главным образом методические аспекты периодического мониторинга с использованием результатов ДЗЗ и связанных с ним технологических процессов сбора, обработки, анализа и представления информации.

1. Методы экологического мониторинга

1.1. Спутниковая съемка

Космические (дистанционные) методы экологического мониторинга включают систему наблюдения при помощи спутников и спутниковых систем, а также систему обработки данных дистанционного зондирования.

Космические средства используются, в основном, для выявления и уточнения обстановки, связанной с крупномасштабными природными явлениями и техногенными преобразованиями с относительно незначительной динамикой. Важным достоинством спутниковой съемки является возможность покрытия одним снимком больших площадей без необходимости последующей сшивки отдельных фрагментов и быстрота и удобство обработки цифровых данных в камеральных условиях. Спутниковые сканирующие устройства позволяют получать изображения в видимом, ближнем инфракрасном, радио диапазонах. Радиолокационная съемка позволяет наблюдать поверхность Земли независимо от метеорологических условий и в любое время суток. При определенных условиях возможно изучение объектов под снежным и растительным покровом, рыхлыми отложениями. Важным преимуществом космической съемки является наличие и возможность использования архивных материалов. Необходимо также отметить, что для проведения космической съемки не требуется никаких согласований, тогда как процедура планирования и согласования проведения аэрофото-съемки довольно сложна и занимает много времени.

Для решения задач экологического мониторинга целесообразно ориентироваться прежде всего на полярно-орбитальные спутники, как на отечественные аппараты (спутники типа «Метеор», «Океан», «Ресурс», «Канопус», так и на иностранные спутники серий NOAA, Landsat, SPOT, IRS.)

Спутниковые данные дистанционного зондирования позволяют решать следующие задачи контроля состояния окружающей среды:

1. Определение метеорологических характеристик: вертикальные профили температуры, интегральные характеристики влажности, характер облачности и т. д.);
2. Контроль динамики атмосферных фронтов, ураганов, получение карт крупных стихийных бедствий;
3. Определение температуры подстилающей поверхности, оперативный контроль и классификация загрязнений почвы и водной поверхности;
4. Обнаружения крупных или постоянных выбросов промышленных предприятий;
5. Контроль техногенного влияния на состояние лесопарковых зон;
6. Обнаружение крупных пожаров и выделение пожароопасных зон в лесах;
7. Выявление гарей, ветровалов, карьеров, объектов строительства;
8. Выявление тепловых аномалий и тепловых выбросов крупных производств и ТЭЦ в мегаполисах;
9. Регистрация дымных шлейфов от труб;
10. Мониторинг и прогноз сезонных паводков и разливов рек;
11. Обнаружение и оценка масштабов зон крупных наводнений;
12. Контроль динамики снежных покровов и загрязнений снежного покрова в зонах влияния промышленных предприятий.

В настоящее время на рынке услуг, связанных с предоставлением спутниковых данных ДЗЗ, работают различные зарубежные и отечественные компании. Российскими лидерами этого сегмента являются ИТЦ «Сканэкс» и компания «Совзонд». В поле их деятельности входит реализация проектов по ведению архивов спутниковых изображений, распро-

странению данных дистанционного зондирования и их обработке. Интерактивные каталоги таких компаний позволяют предварительно оценить наличие и качество данных ДЗЗ на интересующую территорию. Кроме того, данные со спутника можно получить под заказ в период от нескольких дней до нескольких недель, в зависимости от масштабов, детализации съемки и пр. Стоимость таких данных по сравнению с архивными материалами значительно больше.

С целью регулярного наблюдения и постоянного обновления данных ДЗЗ на «свой регион» возможны организация и непрерывное использование собственного автономного центра принятия спутниковых сигналов и обработки данных. Автономные станции приема спутниковой информации уникальны тем, что позволяют получать спутниковые данные прямо на персональный компьютер. Приемные станции с помощью специальных аппаратных средств реализуют прием сигнала со спутника, передающийся в определенном диапазоне. На сегодняшний день такие комплексы функционируют во многих государственных и коммерческих организациях, высших учебных заведениях России. Среди них ФГУ «РФИ МПР России», Урал РИКЦ МПР РФ, Агентство лесного хозяйства по Магаданской области, Главное управление по делам ГО и ЧС Вологодской области, Сибирский региональный центр МЧС и др.

Комплексы предназначены для приема и обработки информации, передаваемой с искусственных спутников Земли по радиоканалам связи. Например, универсальный отечественный комплекс УниСкан™ компании «Сканэкс» позволяет принимать и обрабатывать данные с низкоорбитальных спутников ведущих оперативных программ США, Индии, Израиля, Франции, Европейского космического агентства, России и Канады.

1.2. Аэрофотосъемка

Авиаметоды зондирования Земли имеют более широкие возможности по сравнению с космическими средствами по размеру объектов наблюдения и оперативности. Аэрофотосъемка (АФС) позволяет получать изображения с разрешением до нескольких сантиметров на пиксель, в зависимости от высоты полета. В таблице 1 приведена сравнительная характеристика возможностей аэро- и космосъемки для решения задач по созданию и обновлению карт и планов крупных масштабов.

АФС обладает меньшей зависимостью от метеоусловий, т.к. можно провести съемку ниже уровня облачности или выбрать безоблачную погоду. Помимо фотосъемки возможно использование видеонаблюдения в реальном времени. Авиасредства успешно используются для получения данных о состоянии радиационной обстановки, обстановки в зонах разрушений, о состоянии магистральных трубопроводов, дорог и др. При съемке небольших площадей преимуществом АФС является меньшая стоимость работ по сравнению со спутниковым зондированием.

К существенным недостаткам АФС следует отнести трудоемкость при обработке результатов аэрофотосъемки в камеральных условиях и необходимость сшивки небольших фрагментов в единый массив.

АФС подразделяется на пилотируемую и беспилотную. В последнее время приобретают популярность беспилотные радиоуправляемые летательные аппараты.

Таблица 1

Возможности использования космических снимков и аэрофотоснимков для решения различных задач по созданию и обновлению карт и планов (по данным компании «Геокосмос»)

| Задача | Аэро-фото-снимок | Космический снимок | | | |
|---|------------------|--------------------|-------|-----------|-------|
| | | Geo | | GeoStereo | |
| | | 1.0 м | 0.5 м | 1.0 м | 0.5 м |
| 1: 25000 | да | да | да | да | да |
| 1: 10000 | да | нет | да | нет | да |
| 1: 5000 | да | нет | ? | нет | ? |
| 1: 2000 | да | нет | нет | нет | нет |
| 1: 1000 | да | нет | нет | нет | нет |
| 1: 500 | да | нет | нет | нет | нет |
| Съемка рельефа при высоте сечения 10 м | да | нет | нет | нет | ? |
| Съемка рельефа при высоте сечения менее 10 м. | да | нет | нет | нет | нет |

1.2.1. Аэрофотосъемка с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

БПЛА – летательный аппарат без экипажа на борту. Предпосылками применения БПЛА в качестве нового фотограмметрического инструмента являются недостатки двух традиционных способов получения данных ДЗЗ с помощью космических спутников (космическая съемка) и воздушных пилотируемых аппаратов (аэрофотосъемка)

Основные преимущества БПЛА:

- оперативность получения данных;
- низкая стоимость работ и меньшие производственные затраты времени;
- возможна высокая периодичность съемки, отслеживание динамики объектов;
- высокая скорость выявления изменений на местности;
- очень высокое разрешение снимков (до 1-2 см, определяется только высотой полета);
- съемка по требованию, а не из архива;
- облачность не имеет значения, если производить полет ниже облаков.

Преимущества перед космической съемкой:

- площадь, покрываемая снимками, может быть любой формы и задается пользователем индивидуально в зависимости от задач (например, прямоугольник для съемки лесного участка или в виде линии для съемки участка дороги).
- на снимке присутствуют только требуемые объекты фотосъемки. Нет лишнего фотоматериала.
- съемка может быть выполнена в любое время, в независимости от облачности.
- данные съемки доступны сразу после окончания полета.

- разрешение снимка составляет около 15 см и выше (современные космические снимки доступны с разрешением не более 0,5 метра).

Использование БПЛА позволяет выполнять следующие задачи:

- получение актуальной и достоверной информации о состоянии лесных земель и лесных насаждений;

- мероприятия по выявлению лесов высокой природоохранной ценности ЛВПЦ;

- мероприятия по сохранению биоразнообразия;

- мониторинг объектов нефтяной и газовой промышленности;

- учет и мониторинг земельных участков;

- наблюдение и мониторинг за сельскохозяйственными культурами;

- аэрофотосъемка и мониторинг природных комплексов, объектов промышленности;

- мониторинг объектов промышленности, представляющих повышенную опасность

для окружающей среды и населения.

Основные недостатки:

- ограничение по весу для оснащения съемочной аппаратурой;

- небольшое количество спектральных каналов съемки;

- локальность применения.

1.2.2. Аэрофотосъемка с применением пилотируемых летательных аппаратов.

Аэрофотосъемка с применением пилотируемых летательных аппаратов – фотографирование территории с высоты от сотен метров до десятков километров при помощи аэрофотоаппарата, установленного на атмосферном летательном аппарате (самолет, вертолет, дирижабль). Традиционная аэрофотосъемка, которая проводится с помощью самолетов (Ту-134, Ан-2, Ан-30, Ил-18, Cessna, L-410) или вертолетов (Ми-8Т, Ка-26, AS-350) требует высоких экономических затрат на обслуживание и заправку, что приводит к повышению стоимости конечной продукции.

Однако, по сравнению с беспилотными летательными аппаратами вес съемочного оборудования не является критичным. В связи с этим на воздушные суда может устанавливаться съемочные системы различного типа. Перечень и сравнительные характеристики систем представлены в таблице 2.

Применение стандартных авиационных комплексов нерентабельно в следующих случаях:

- Съемка небольших объектов и малых по площади территорий. В этом случае экономические и временные затраты на организацию работ, приходящиеся на единицу отснятой площади, существенно превосходят аналогичные показатели при съемке больших площадей (тем более для объектов, значительно удаленных от аэродрома);
- При необходимости проведения регулярной съемки в целях мониторинга протяженных объектов: трубопроводы, ЛЭП, транспортные магистрали.

Таблица 2

Съемочные системы, устанавливаемые на пилотируемые летательные аппараты

| Тип датчика | Слабое освещение / Работа в ночное время | Возможность съемки сквозь туман/облака | Помехи дождя | Выходной формат | Гео кодирование | Разрешающая способность* |
|--|--|--|--------------|---------------------|-----------------|--------------------------|
| Цифровые среднеформатные камеры: | | | | | | |
| панхроматический/цветной диапазон | ограничено | нет | слегка | Цифровой накопитель | да | см+ |
| инфракрасный диапазон | да | ограничено | слегка | Цифровой накопитель | да | см+ |
| ультрафиолетовый диапазон | нет | нет | слегка | Цифровой накопитель | да | см+ |
| Цифровые видео камеры | слабая освещенность | нет | слегка | Цифровой накопитель | да | дм+ |
| Мультиспектральная цифровая камера | ограничено | нет | да | Цифровой накопитель | да | дм+ |
| Ультрафиолетовое датчики | нет | нет | да | Цифровой накопитель | да | дм+ |
| Датчики ближнего инфракрасного диапазона (3-8 мкм) | да | минимум | да | Цифровой накопитель | да | м+ |
| Датчики теплового инфракрасного диапазона (8-13 мкм) | да | слегка | слегка | Цифровой накопитель | да | дм+ |
| Мультиспектральные сканирующие системы | ограничено | слабо | да | Цифровой накопитель | да | дм+ |
| Гиперспектральные сканирующие системы | возможно | возможно | да | Цифровой накопитель | да | дм+ |
| Микроволновый радиометр | да | да | минимум | Цифровой накопитель | да | 20-40 м |
| Лазерные флуоресцентные сенсоры | да | нет | да | Цифровой накопитель | да | м+ |
| Аэросъемочные радарные снимки - SLAR | да | да | минимум | Цифровой накопитель | (да) | м+ |

2. Теория дистанционного зондирования Земли

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) – это наблюдение и измерение энергетических и поляризационных характеристик собственного и отраженного излучения элементов суши, океана и атмосферы Земли в различных диапазонах электромагнитных волн, способствующие описанию местонахождения, характера и временной изменчивости естественных природных параметров и явлений, природных ресурсов Земли, окружающей среды, а также антропогенных объектов и образований.

Излучение как источник информации об объектах. При изучении земной поверхности дистанционными методами источником информации об объектах служит их излучение (собственное и отраженное). Излучение также делится на естественное и искусственное. Под естественным излучением понимают естественное освещение земной поверхности Солнцем либо тепловое – собственное излучение Земли. Искусственное излучение, это излучение, которое создается при облучении местности источником, расположенным на носителе регистрируемого устройства.

Излучение представляет собой электромагнитные волны разной длины, спектр которых изменяется в диапазоне от рентгеновского до радиоизлучения. Для исследований окружающей среды используют более узкую часть спектра от оптических волн до радиоволн в диапазоне длин 0,3 мкм – 3 м. Важной особенностью ДЗЗ является наличие между объектами и регистрирующими приборами промежуточной среды, влияющей на излучение: это толща атмосферы и облачность.

Атмосфера поглощает часть отраженных лучей. В атмосфере есть несколько “окон прозрачности”, которые пропускают электромагнитные волны с минимальной степенью искажений.

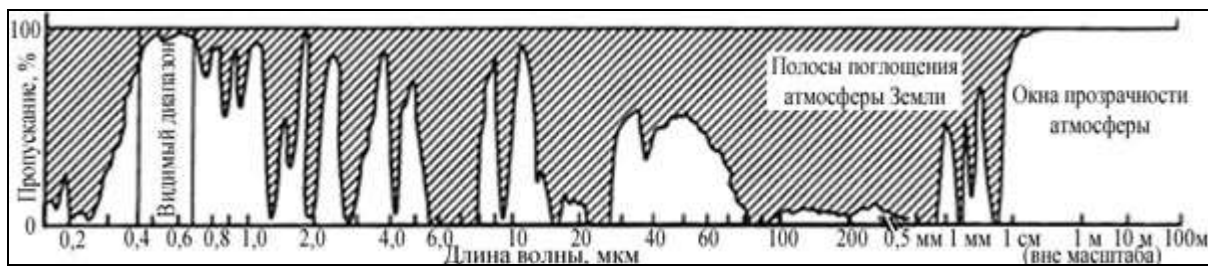


Рис. 1 Окна прозрачности атмосферы

По этой причине, логично предположить, что все съемочные системы работают только в тех спектральных диапазонах, которые соответствуют окнам прозрачности.

Системы ДЗЗ. В настоящее время существует широкий класс систем ДЗЗ, формирующих изображение исследуемой подстилающей поверхности. В рамках данного класса аппаратуры можно выделить несколько подклассов, различающихся по спектральному диапазону используемого электромагнитного излучения и по типу приёмника регистрируемого излучения, а также по методу (активный или пассивный) зондирования:

- фотографические и фототелевизионные системы;
- сканирующие системы видимого и ИК–диапазона (телевизионные оптико-механические и оптико-электронные, сканирующие радиометры и многоспектральные сканеры);
- телевизионные оптические системы;
- радиолокационные системы бокового обзора (РЛСБО);
- сканирующие СВЧ–радиометры.

В то же время продолжается эксплуатация и разработка аппаратуры ДЗЗ, ориентированной на получение количественных характеристик электромагнитного излучения, пространственно-интегральных или локальных, но не формирующих изображение. В данном

классе систем ДЗЗ можно выделить несколько подклассов: несканирующие радиометры и спектрометрические, лидары.

Разрешение данных ДЗЗ: пространственное, радиометрическое, спектральное, временное. Этот тип классификации данных ДЗ связан с характеристиками, зависящими от типа и орбиты носителя, съемочной аппаратуры и обуславливающими масштаб, охват территории и разрешение снимков.

Существует пространственное, радиометрическое, спектральное, временное разрешение, на основе которых происходит классификация данных ДЗ.

Спектральное разрешение определяется характерными интервалами длин волн электромагнитного спектра, к которым чувствительный датчик.

Наиболее широкое применение в методах ДЗЗ из космоса находит окно прозрачности, соответствующее оптическому диапазону (он также называется световым), объединяющему видимую (380...720 нм), ближнюю инфракрасную (720...1300 нм) и среднюю инфракрасную (1300...3000 нм) области. Использование коротковолнового участка видимой области спектра затруднено вследствие значительных вариаций пропускания атмосферы на этом спектральном интервале в зависимости от параметров ее состояния. Поэтому практически при ДЗЗ из космоса в оптическом диапазоне применяют спектральный интервал длин волн, превышающих 500 нм. В дальнем инфракрасном (ИК) диапазоне (3...1000 мкм) имеются только три относительно узких окна прозрачности: 3...5 мкм, 8...14 мкм и 30...80 мкм, из которых пока в методах ДЗЗ из космоса используют только первые два. В ультракоротковолновом диапазоне радиоволн (1мм...10м) имеется относительно широкое окно прозрачности от 2 см до 10 м. В методах ДЗЗ из космоса применяют его коротковолновую часть (до 1м), называемую сверхвысокочастотным (СВЧ) диапазоном.

Таблица 3

Характеристики спектральных диапазонов

| Область спектра | Ширина области спектра |
|----------------------------------|------------------------|
| Видимая область, мкм | |
| цветовые зоны | |
| фиолетовая | 0.39-0.45 |
| синяя | 0.45-0.48 |
| голубая | 0.48-0.51 |
| зеленая | 0.51-0.55 |
| желто-зеленая | 0.55-0.575 |
| желтая | 0.575-0.585 |
| оранжевая | 0.585-0.62 |
| красная | 0.62-0.80 |
| Область ИК излучения, мкм | |
| ближняя | 0.8-1.5 |
| средняя | 1.5-3.0 |
| дальняя | >3.0 |
| Радиоволновая область, см | |
| X | 2.4-3.8 |
| C | 3.8-7.6 |
| L | 15-30 |
| P | 30-100 |

Пространственное разрешение – величина, характеризующая размер наименьших объектов, различимых на изображении.

Классификация снимков по пространственному разрешению:

1. снимки очень низкого разрешения 10 000 - 100 000 м.;
2. снимки низкого разрешения 300 - 1 000 м.;
3. снимки среднего разрешения 50 - 200 м.;
4. снимки высокого разрешения:
 - относительно высокого 20 - 40 м.;
 - высокого 10 - 20 м.;
 - очень высокого 1 - 10 м.;
 - снимки сверхвысокого разрешения 0,3 - 0,9 м.

Что касается пригодности разрешения спутниковых снимков для картографирования, то при выборе снимков для составления карт определенного масштаба необходимо учитывать графическую точность рисовки и печати карт (0.1 мм). Например, снимки должны иметь пространственное разрешение не более 100 м для карт масштаба 1:1 000 000 и не более 10 м для карт масштаба 1:100 000. Соответственно по снимкам с размером пиксела 5.8 м можно составлять многие элементы содержания карт масштаба 1:50 000 и мельче. Снимки с размером пиксела 15 м позволяют составлять многие элементы содержания карт масштаба 1:200 000 и мельче. Некоторые параметры, например, длину, ширину и материал мостов, изображаемых на картах 1:200 000, нельзя получить по снимкам, поэтому необходимо привлекать дополнительные источники данных. В таблице 4 приведены рекомендуемые масштабы в зависимости от разрешения снимка.

При тематическом картографировании требования к точности нанесения положения объекта обычно несколько ниже, чем для топографических карт (таблица 5). Поэтому по одним и тем же снимкам можно составлять тематические карты более крупного масштаба. Например, снимки, получаемые со спутника IRS спектрометрическим прибором Rap с размером пиксела 5,8 метра, пригодны для создания некоторых элементов содержания топографических карт масштаба 1:50000, а для целей тематического картографирования - вплоть до масштаба 1:10000.

Радиометрическая разрешающая способность определяется количеством градаций значений цвета, соответствующих переходу от яркости абсолютно «черного» к абсолютно «белому», и выражается в количестве бит на пиксел изображения. Это означает, что в случае радиометрического разрешения 6 бит на пиксел мы имеем всего 64 градации цвета ($2(6) = 64$); в случае 8 бит на пиксел - 256 градаций ($2(8) = 256$), 11 бит на пиксел - 2048 градаций ($2(11) = 2048$).

Временное разрешение определяется частотой получения снимков конкретной области. [2]

Таблица 4

Рекомендуемые масштабы для составления и обновления топографических, обзорно-топографических и обзорных карт по космическим снимкам (по данным ИТЦ Сканэкс)

| Тип снимков, размер пиксела | Масштаб | | | | | | |
|--|------------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|
| | 10000 – 25000 | 25000 – 50000 | 50000 – 100000 | 100000 – 200000 | 200000 – 500000 | 500000 – 1000000 | Мельче 1000000 |
| | Terra/Aqua MODIS, 250- 1000м | | | | | | |
| Ресурс МСУ- СК, 140м | | | | | | | ■ |
| Ресурс/Метеор МСУ-Э, 35- 45м | | | | | ■ | ■ | ■ |
| Landsat TM, 30м | | | | ■ | ■ | ■ | |
| Landsat ETM +, 15-30м | | | | ■ | ■ | ■ | |
| SPOT-2, SPOT- 4, Monospectral, 20 м | | | | ■ | ■ | ■ | |
| Terra ASTER, 15м | | | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| IRS LISS, 23.5м | | | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| IRS-P-6, LISS- 3, MSS, 23,5 м | | | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| RADARSAT SAR, 8м, 25- 30м | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| SPOT-2, SPOT- 4 Panchromatic, 10 м | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| IRS PAN, 5.8м | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| IRS-P-6, LISS- 4, MSS, 5 м | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| IRS-P-6, LISS- 4, Mono, 5 м | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| EROS-A, 2-2,8 м | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| EROS-B, 0,8 м | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| ■ | Составление карт | | | ■ Обновление карт | | | |

Таблица 5

Рекомендуемые масштабы для составления тематически карт по космическим снимкам (по данным ИТЦ Сканэкс)

| Тип снимков, размер пиксела | Масштаб | | | | | | |
|--|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|
| | 10000 – 25000 | 25000 – 50000 | 50000 – 100000 | 100000 – 200000 | 200000 – 500000 | 500000 – 1000000 | Мельче 1000000 |
| Terra/Aqua MODIS, 250- 1000м | | | | | | | |
| Ресурс МСУ- СК, 140м | | | | | | | |
| IRS-P-6, AWiFS, 56 м | | | | | | | |
| Ресурс/Метеор МСУ-Э, 35- 45м | | | | | | | |
| Landsat TM, 30м | | | | | | | |
| Landsat ETM +, 15-30м | | | | | | | |
| SPOT-2, SPOT- 4, Monospectral, 20 м | | | | | | | |
| Terra ASTER, 15м | | | | | | | |
| IRS LISS, 23.5м | | | | | | | |
| IRS-P-6, LISS- 3, MSS, 23.5 м | | | | | | | |
| RADARSAT SAR, 8м, 25- 30м | | | | | | | |
| SPOT-2, SPOT- 4, Panchromatic, 10 м | | | | | | | |
| RS PAN, 5.8м | | | | | | | |
| IRS-P-6, LISS- 4, MSS, 5 м | | | | | | | |
| IRS-P-6, LISS- 4, Mono, 5 м | | | | | | | |
| EROS-A, 2-2.8 м | | | | | | | |
| EROS-B, 0.8 м | | | | | | | |
| | Составление карт | | | | Обновление карт | | |

2.1. Подбор и анализ данных ДЗЗ

Сегодня на геоинформационном рынке функционируют различные каталоги данных дистанционного зондирования из космоса, обеспечивающих коммерческий доступ к снимкам. Несмотря на единое предназначение, сервисы различаются между собой как по техническим характеристикам, так по удобству использования и логике работы в целом.

Работа по подбору данных для выполнения любого проекта начинается с обозначения области интересов на карте. В настоящее время существует несколько способов отображения района поиска: рисование контура инструментами каталога, по названию или координатам объекта и подгрузка векторного файла. Полный набор всего вышеперечисленного функционала реализован в каталогах Kosmosnimki.Ru и EyeFind.

Параметры поиска во всех рассмотренных каталогах задаются аналогичным образом: дата съемки отмечается в календаре или заносится вручную, выставляется максимально допустимый процент облачности и выбираются интересующие космические аппараты. В этом плане особенно хотелось бы отметить каталог Kosmosnimki.Ru: параметры облачности и пространственное разрешение здесь задается на интерактивной линейке. Подобное технологическое решение помогает легко сориентироваться в каталоге даже пользователям с небольшим опытом работы в области ДЗЗ.

Не менее важной частью каждого каталога является организация работы с результатами поиска. Представление найденных снимков в едином списке гораздо удобнее использования постраничной структуры — массив данных легко упорядочить по тому или иному параметру и выбрать наиболее приоритетный для заказчика вариант. По такому принципу организована работа сервисов CROSS-EX, DigitalGlobe, SpotCatalog и Kosmosnimki.Ru. [17]

Если планируется использовать в работе данные Landsat важно знать, какое количество съемки существует для исследуемой территории. Для ответа на этот вопрос можно воспользоваться онлайн-каталогами, такими как [GloVis](#) (некоммерческий), которые достаточно удобны для выяснения покрытия съемкой, если территория не велика и помещается на 1 или несколько сцен. Однако, для больших территорий поочередный "просмотр" превью может занять значительное количество времени.

Для облегчения процесса заказа снимков удобно использовать покрытие каталога существующих сцен полученных Landsat за всю историю существования программы, без отбора по какому-либо параметру (например по облачности или качеству изображения). На данный момент доступны каталоги данных полученными сенсорами:

- [TM](#) (Landsat 4,5)
- [ETM+](#) (Landsat 7)
- [ETM+-SLCOFF](#) (Landsat 7, данные после мая 2003)
- [OLI](#) (Landsat 8)

Источник данных – каталог [GloVis](#), представляющий архивы USGS, крупнейшие в мире. Необходимо иметь в виду, что большое количество информации со спутников Landsat 4,5 (сенсор TM), принималось не USGS и поэтому отсутствует, эти данные следует искать в архивах IGS ([International Ground Stations](#) – Международных приемных станций), в настоящих каталогах данных об этих сценах нет. [15]

На стадии анализа данных в архивах поставщиков оценивается наличие изображений на необходимую территорию и качество этих изображений. По запросу заказчика оператор данных ДЗЗ представляет схему покрытия снимками за определенный период времени), а также упрощенные изображения отобранных данных - Quicklook (изображения с закругленным пространственным разрешением) для оценки их приемлемости (рис. 2,3). Quicklook позволяет сделать предварительный анализ изображения на предмет его качества и состояния облачности в момент съемки.

Помимо того, что спутниковые изображения должны отвечать условию расположения снятой поверхности Земли в заданной области (на определенном участке), поставляемые данные должны удовлетворять определенным техническим требованиям:

- период проведения съемки (для решения задач экологического мониторинга целесообразно использование данных за бесснежный период);

- облачность на изображениях (в общем случае облачность не должна превышать 20-30%);
- спектральный диапазон (в зависимости от решаемой задачи: панхроматический, спектральный и др.);
- пространственное разрешение (в зависимости от решаемой задачи);
- формат представления данных (указывается расширения файла, например, GeoTIFF,);
- радиометрическое разрешение съемочной аппаратуры - не менее 10 бит;
- система координат (в общем случае в зависимости от используемой в проекте: WGS-84, Гаусса-Крюгера с указанием зоны, другая);
- размер снимка (снимки могут поставляться фрагментами определенного размера: 500 Мб, 1 Гб, или др. в зависимости от технических возможностей пользователя).



Рис. 2. Фрагмент Quicklook, позволяющий судить о том, что снимок удовлетворяет требованиям по качеству данных и состоянию облачности на момент съемки.

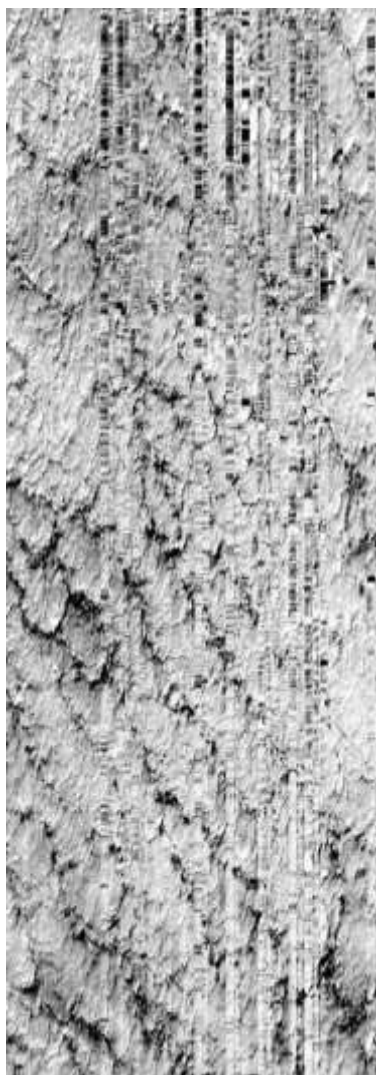


Рис.3. Фрагмент Quicklook, позволяющий судить о том, что снимок не удовлетворяет требованиям по качеству данных и состоянию облачности на момент съемки.

Изображения могут быть как одноканальными, так и многоканальными. Каждый канал съемки соответствует определенному диапазону ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной частей спектра электромагнитного излучения.

2.2. Предварительная обработка данных

В случае, если данные были поставлены без предварительной подготовки необходимо провести ряд подготовительных операций, включающих ортотрансформацию, геометрическую и яркостную коррекцию, геопривязку, фрагментирование.

Фрагментирование. Фрагментирование данных представляет собой процесс разбиения полученных изображений на составные части с целью их последующей обработки программно-техническими средствами, не позволяющими оперировать большими исходными объемами информации. Фрагментирование также может применяться для вырезания участков с высокой облачностью.

Геопривязка. В связи с тем, что поставляемая со спутниковыми снимками информация об их пространственном местоположении является недостаточной для точного позиционирования, требуется проводить процедуру пространственной привязки (геопривязки) растров, то есть определять их местоположение в системе координат.

Наилучшим способом пространственной привязки и трансформации изображения является использование опорной координатной сети для исследуемой территории с целью точного позиционирования спутниковых изображений, которая представляет собой фиксацию координат характерных мест на поверхности Земли при помощи точных устройств GPS/ГЛОНАСС (точность определения 5-15 см.). С их помощью можно повысить географическую точность данных до уровня разрешающей способности снимка. Однако в республике Коми работ по созданию такой опорной координатной сети не проводилось, поэтому в качестве опорных точек можно использовать географические элементы на цифровых топографических картах.

Процесс геопривязки основан на идентификации опорных точек с известными координатами, которые связывают местоположения объектов на растре и в пространственно привязанных целевых данных базовой картографической основы. Для определения опорных точек подбираются такие характерные географические объекты или их части, как пересечения дорог, просек, ЛЭП, устья рек, углы зданий и др. Для изображения, соответствующему равнинной местности, необходимо набрать не менее 15-20 таких точек. Точки должны располагаться равномерно по всей поверхности снимка.

Точность привязки при использовании указанного метода определяется на основе разницы между координатами географических объектов в целевых данных и их положением на трансформированном снимке. Оценкой точности служит общая ошибка, которая рассчитывается как сумма среднеквадратичных отклонений каждой связи опорных точек. Максимально допустимое значение общей ошибки зависит от масштаба целевых данных, на основе которых выполняется привязка. Для масштаба 1:200000, ошибка не должна превышать 30 метров, для масштаба 1:100 000 – 15 метров.

Обычно ошибка для опорных точек, расположенных на краях снимка, превышает ошибку для точек в центре снимка, что связано с особенностью съемочной аппаратуры, рельефом местности и эллипсоидной формой Земли. Ошибка регистрации измеряется как расстояние между начальной и конечной (задаваемой) точками местоположения одного и того же объекта на спутниковом изображении и цифровой карте. При трансформации в ГИС используются полиномиальные преобразования 1-го (аффинное преобразование), реже 2-го порядков, которые конвертируют наборы растровых данных из исходного местоположения в пространственно корректное. Увеличение порядка преобразования ведет к увеличению искажения снимка. Полином 2-го порядка обычно используется на снимках с горной местностью, за неимением возможности проведения привязки на основе RPC-коэффициентов, поставляемых вместе с изображениями с некоторых современных КС.

Привязанные таким образом растровые данные можно отображать и анализировать совместно с другими географическими данными из системы АГИКС РК.

Яркостная коррекция. Яркостная коррекция изображений необходима для улучшения визуализации объектов местности. Данная процедура может выполняться как до пространственной привязки, когда необходимо сделать изображение пригодным для идентификации объектов и создания опорных точек, так и после нее, для минимизации воздействий некоторых атмосферных состояний или дополнительного улучшения восприятия изображения.

Получение композитов. На основе покрытия снимками одной и той же территории с разным временным разрешением можно создавать мультивременные композиты. Такие композиты позволяют анализировать состояния местности и определять отрицательные (свежие вырубки, карьеры, лесные пожары) и положительные (зарастающая вырубка или гарь) изменения, произошедшие на дешифрируемой территории.

Примечание. При обработке полученных спутниковых изображений не допускается потеря данных в исходном виде, поэтому необходимо в обязательном порядке создание банка данных, в котором должны храниться как обработанные, так и первичные данные.

2.3. Обзор современных космических аппаратов.

Таблица 6

Основные характеристики данных ДЗЗ [1].

| Прибор/режим съемки | Спутник | Спектральный диапазон | Пространственное разрешение, м. | Полоса обзора, км. | Повторяемость съемки одной территории |
|---------------------|-----------|-----------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| PAN | IRS-1Q/1C | 0,5-0,75 | 5,8 | 70 | 1 раз в 5 суток |
| LISS-3 | | 0,52-0,59 | 23 | 140 | 1 раз в 24-25 суток |
| | | 0,62-0,69 | | | |
| | | 0,77-0,86 | | | |
| LISS-4/Mono | IRS-P6 | 0,62-0,68 | 5,8 | 70 | 1 раз в 5 суток |
| LISS-4/MX | | 0,52-0,59 | 5,8 | 23 | 1 раз в 5 суток |
| | | 0,62-0,68 | | | |
| | | 0,77-0,86 | | | |
| LISS-3 | | 0,52-0,59 | 23 | 140 | 1 раз в 24 суток |
| | | 0,62-0,68 | | | |
| | | 0,77-0,86 | | | |
| AW/FS | | 1,55-1,70 | 55 | 740 | 1 раз в 5 суток |
| | | 0,52-0,59 | | | |
| | | 0,62-0,68 | | | |
| | 0,77-0,86 | | | | |
| PAN-Fore | IRS-P5 | 0,50-0,85 | 2,5 | 29 | 1 раз в 5 суток |
| PAN-Aft | | | | 26 | 1 раз в 5 суток |
| HRV PAN | SPOT-2 | 0,5-0,73 | 10 | 60 | 1 раз в 1-4 суток |
| HRV XS | | 0,50-0,59 | 20 | 60 | 1 раз в 1-4 суток |
| | | 0,61-0,69 | | | |
| | | 0,78-0,89 | | | |
| HRVIR MONO | SPOT-4 | 0,61-0,68 | 10 | 60 | 1 раз в 1-4 суток |
| HRVIR XS | | 0,50-0,59 | 20 | 60 | 1 раз в 1-4 суток |
| | | 0,61-0,68 | | | |
| | | 0,78-0,89 | | | |
| | | 1,58-1,75 | | | |
| HRG PAN | SPOT-5 | 0,48-0,71 | 2,5 или 5 | 60 | 1 раз в 1-4 суток |
| HRG XS | | 0,50-0,59 | 10 | 60 | 1 раз в 1-4 суток |
| | | 0,61-0,68 | 10 | | |
| | | 0,78-0,89 | 10 | | |
| | | 1,58-1,75 | 20 | | |
| ETM+ | Landsat 7 | 0,450-0,515 | 30 | 185 | 1 раз в 16 суток |
| | | 0,525-0,605 | 30 | | |
| | | 0,630-0,690 | 30 | | |
| | | 0,750-0,900 | 30 | | |
| | | 1,550-1,750 | 30 | | |
| | | 10,40-12,50 | 60 | | |
| | | 2,090-2,350 | 30 | | |
| | | 0,520-0,900 | 15 | | |

| Прибор/режим съемки | Спутник | Спектральный диапазон | Пространственное разрешение, м. | Полоса обзора, км. | Повторяемость съемки одной территории |
|---------------------|------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| TM | Landsat 5 | 0,450-0,515 | 30 | 185 | 1 раз в 16 суток |
| | | 0,525-0,605 | 30 | | |
| | | 0,630-0,690 | 30 | | |
| | | 0,750-0,900 | 30 | | |
| | | 1,550-1,750 | 30 | | |
| | | 10,40-12,50 | 120 | | |
| | | 2,090-2,350 | 30 | | |
| PAN | EROS A | 0,5-0,9 | 2 | 13,5 | 1 раз в 3-4 суток |
| PAN | EROS B | 0,5-0,9 | 0,7 | 7 | 1 раз в 3-4 суток |
| Panchromatic | Ikonos | 0,45-0,9 | 0,82 | 11,3 | 1 раз в 3-4 суток |
| Multispectral | | 0,45-0,52 | 3,2 | | |
| | | 0,51-0,60 | | | |
| | | 0,63-0,7 | | | |
| | | 0,76-0,85 | | | |
| Panchromatic | QuickBird | 0,45-0,9 | 0,61-0,72 | 16,5 | 1 раз в 2,4 - 5,4 суток |
| Multispectral | | 0,45-0,52 | 2,44-2,88 | | |
| | | 0,52-0,60 | | | |
| | | 0,63-0,69 | | | |
| | | 0,76-0,9 | | | |
| MODIS | Terra Aqua | 0,620-0,670 | 250 | 2 300 | 1-2 раза в сутки |
| | | 0,841-0,876 | 500 | | |
| | | 0,459-0,479 | | | |
| | | 0,545-0,565 | | | |
| | | 1,230-1,250 | 1000 | | |
| | | 1,628-1,652 | | | |
| | | 2,105-2,155 | | | |
| | | 0,405-0,420 | | | |
| | | 0,438-0,448 | | | |
| | | 0,483-0,493 | | | |
| | | 0,526-0,536 | | | |
| | | 0,546-0,556 | | | |
| | | 0,662-0,672 | | | |
| | | 0,673-0,683 | | | |
| | | 0,743-0,753 | | | |
| | | 0,862-0,877 | | | |
| | | 0,890-0,920 | | | |
| | | 0,931-0,941 | | | |
| | | 0,915-0,965 | | | |
| | | 3,660-3,840 | | | |
| | | 3,929-3,989 | | | |
| | | 4,020-4,080 | | | |
| | | 4,433-4,498 | | | |
| | | 4,482-4,549 | | | |
| | | 1,360-1,390 | | | |
| | | 6,535-6,895 | | | |
| | | 7,175-7,475 | | | |
| | | 8,400-8,700 | | | |
| | | 9,580-9,880 | | | |
| | | 10,780-11,280 | | | |
| | | 11,770-12,270 | | | |
| | | 13,185-13,485 | | | |
| | | 13,485-13,785 | | | |
| 13,785-14,085 | | | | | |
| 14,085-14,385 | | | | | |

| Прибор/режим съемки | Спутник | Спектральный диапазон | Пространственное разрешение, м. | Полоса обзора, км. | Повторяемость съемки одной территории | |
|---------------------|-------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------------------|-----------------|
| ASTER/VNIR | Terra | 0,52-0,60 | 15 | 60 | 1 раз в 4-16 суток | |
| | | 0,63-0,69 | | | | |
| | | 0,76-0,86 | | | | |
| | | 0,76-0,86 | | | | |
| ASTER/SWIR | | 1,600-1,700 | 30 | 60 | 1 раз в 4-16 суток | |
| | | 2,145-2,185 | | | | |
| | | 2,185-2,225 | | | | |
| | | 2,235-2,285 | | | | |
| | | 2,295-2,365 | | | | |
| | | 2,360-2,430 | | | | |
| ASTER/TIR | | 8,125-8,475 | 90 | 60 | 1 раз в 4-16 суток | |
| | | 8,475-8,825 | | | | |
| | 8,925-9,275 | | | | | |
| | 10,25-10,95 | | | | | |
| МСУ-Э | Метеор-3М | 0,5-0,590 | 50 | 76 | 1 раз в 5 суток | |
| | | 0,61-0,690 | | | | |
| | | 0,81-0,900 | | | | |
| МСУ-Э | Ресурс - О1 | 0,50-0,590 | 35 | 45 | 1 раз в 6 суток | |
| | | 0,61-0,690 | | | | |
| | | 0,81-0,900 | | | | |
| МСУ-СК | | 0,54-0,60 | 140 | 600 | 1 раз в сутки | |
| | | 0,60-0,72 | | | | |
| | | 0,72-0,82 | | | | |
| | | 0,81-1,00 | | | | |
| 10,30-11,75 | | | | | | |
| Панхроматический | | Ресурс-ДК | 0,58-0,80 | 1 | | 1 раз в 6 суток |
| Многозональный | | | 0,50-0,60 | 2 | | 1 раз в 6 суток |
| | | | 0,60-0,70 | | | |
| | | 0,70-0,80 | | | | |
| Панхроматический | WorldView-1 | 0,45-0,9 | 0,5-0,6 | 17,6 | 1 раз в 1,7-5,4 суток | |
| Панхроматический | WorldView-2 | 0,45-0,9 | 0,46 | 16,4 | 1-4 суток | |
| Многозональный | | 0,45-0,52 | 1,84 | | | |
| | | 0,52-0,59 | | | | |
| | | 0,63-0,69 | | | | |
| | | 0,76-0,90 | | | | |
| | | 0,423-0,453 | | | | |
| | | 0,5-0,64 | | | | |
| | | 0,7-0,73 | | | | |
| 0,9-1,05 | | | | | | |
| Многозональный | RapidEye | 0,44-0,51 | 5 | 77 | 24 часа | |
| | | 0,52-0,59 | | | | |
| | | 0,63-0,685 | | | | |
| | | 0,69-0,73 | | | | |
| | | 0,76-0,85 | | | | |

3. Особенности мониторинга исследуемых объектов

Как правило, основной объем информации при проведении мониторинговых наблюдений дают снимки в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра, а материалы съемок в инфракрасном тепловом и радиодиапазонах могут предоставить дополнительные данные. Вследствие различий в спектральных свойствах объекты земной поверхности за редким исключением лучше распознаются на многозональных снимках – цветном синтезированном или отдельных зональных. Принцип многозональной съемки, т.е. одновременной съемки в нескольких каналах, фиксирующих излучение в разных участках спектра, основывается на различиях в спектральной яркости объектов. Спектральные свойства объектов земной поверхности чрезвычайно многообразны, но при этом оказалось, что некоторые их типичные особенности связаны с определенными классами объектов. По виду кривой спектральной яркости выделяют классы: горные породы и почвы, растительность, водные объекты, снег и облака.[1]

Спектральная кривая отражает все характерные черты, присущие анализируемому объекту.

Растительность. Спектральные отражательные свойства растительного покрова определяются следующими основными физическими факторами: оптическими свойствами листа (количество хлорофилла, каротина и других пигментов), геометрией покрова и угловым распределением листьев, отражательной способностью почв, на которых она находится, проективным покрытием почвы растительностью, углом освещения и углом наблюдения, состоянием атмосферы.

На рис. 4 приведена спектральная отражательная способность различных классов растительность в трех спектральных каналах. Растительность в хорошем состоянии с большим количеством хлорофилла в листьях (ярко-зелёные лиственные леса, густые, сочные луга) имеет характерную спектральную кривую: высокое значение в зелёном участке спектра, резкое падение в красном участке спектра и очень высокий подъём в ближней ИК-области (рис. 4, кривая 1). С ухудшением состояния растительности падает отражательная способность в диапазоне 500–600 нм, исчезает падение в красном диапазоне и резко уменьшается подъём в ближней ИК-области (рис. 4, кривые 3, 4), т. е. постепенно спектральная кривая растительности превращается в спектральную кривую почвы, на которой она растёт. То есть для очень плохой растительности (проективное покрытие менее 15 %) кривая спектральной отражательной способности практически вырождается в плавно возрастающую прямую и приближается к кривым, характерным для открытых почв (рис. 4, кривая 5).

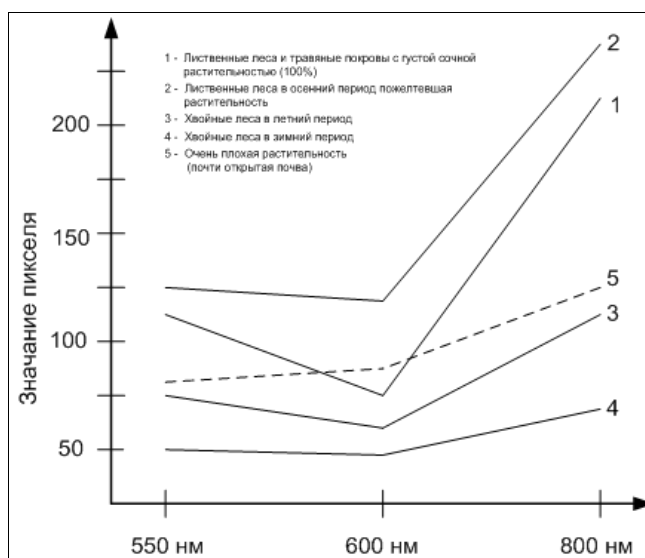


Рис. 4 Спектральная отражательная способность растительного покрова.

Здоровая зелёная растительность в ближнем ИК-диапазоне по сравнению с видимым диапазоном длин волн характеризуется очень высокой отражательной способностью. Отражение листьями солнечной энергии, наблюдаемое в ближнем ИК-диапазоне, связано с различными коэффициентами преломления света между воздушным пространством и оболочками клеточных структур. Растения с более рыхлой структурой листа в ближнем ИК-диапазоне имеют больший коэффициент отражения, чем растения с плотной структурой.[8]

Для растительности характерно изменение спектральной отражательной способности растительности как в пространстве, так и во времени. Изменение спектральной отражательной способности во времени обусловлено тем, что растительность постоянно изменяется. (увеличивается биомасса, изменяется структура листа).

Водные объекты. Основной закономерностью отражения света водой является резкое падение её спектральной кривой в видимом диапазоне спектра (от синей части к красной) и минимальное отражение в ближней ИК-зоне спектра (рис. 5). Отражательные свойства водных объектов зависят от рассеивающих и поглощающих свойств чистой воды, взвешенных частиц разного (органического и неорганического) происхождения, хлорофилла и других пигментов фитопланктона. С увеличением концентрации взвешенных веществ органического и неорганического происхождения и содержания хлорофилла максимум отражения видимого света обычно смещается в длинноволновую область спектра.[8]

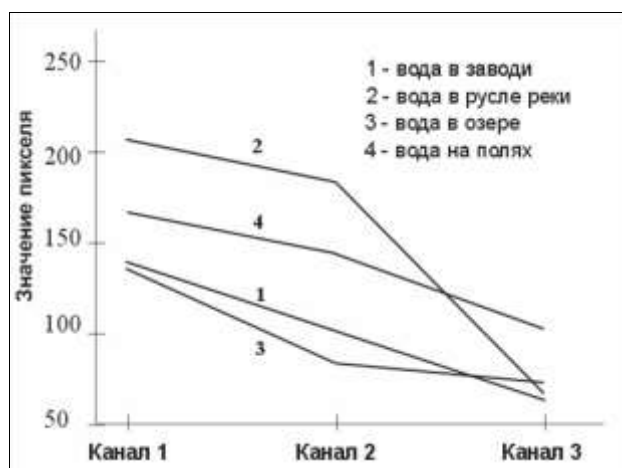


Рис. 5 Спектральная отражательная способность водных объектов на территории Словакии во время летнего паводка 1997 года по данным с КА «Ресурс-О» (каналы: 1 – 0,5–0,6 мкм; 2 – 0,6–0,7 мкм и 3 – 0,8–0,9 мкм).

Горные породы и почвы отличаются постепенным увеличением яркости с возрастанием длины волны солнечного излучения. Спектральная яркость горных пород зависит прежде всего от оптических свойств входящих в их состав минералов и химических элементов, а также от их дисперсности и влажности. Отличительная особенность почв – существенные различия в интегральной яркости. Наименьшей способностью отражать солнечное излучение обладают черноземы, наибольшей – сильноподзоленные суглинистые почвы. На отражение солнечного света почвами влияют три основные группы веществ: 1) светло окрашенные соединения (карбиды, соединения кремния и алюминия), отражающие излучение равномерно, но значительно, 2) темные гумусовые вещества, отражающие свет слабо и равномерно и 3) соединения железа, которые обуславливают селективность (неравномерное отражение) почвами солнечного излучения. Очень существенно яркость почв зависит от влажности. В видимом участке спектра яркость почвы в состоянии полной полевой влагоемкости в 2 раза ниже, чем при воздушно-сухом состоянии, а в ближнем и среднем инфракрасном участке (0,7–2,5 мкм) даже иногда в 3 раза.

Помимо этого оптические характеристики почв зависят от гранулометрического состава поверхности: с уменьшением размера частиц коэффициент яркости возрастает экспоненциально.[1]

Для визуального и автоматического сравнения кривых спектральной отражательной способности различных объектов и проведения спектрального анализа существуют спектральные библиотеки. Спектральные библиотеки содержат данные о спектральных кривых большого количества природных и антропогенных образований. Спектральные библиотеки представляют собой наборы графиков-кривых спектральной отражательной способности объектов, полученных многоканальными спектрометрами в полевых или лабораторных условиях. Спектральные библиотеки являются основой для дешифрирования данных ДЗЗ. На сегодняшний день существуют несколько общедоступных спектральных библиотек - [9]

В целях мониторинга комплексных заказчиков необходимо провести спектральный анализ растительности и почв для выявления типов растительности и почв, оценки состояния растительности, выявления антропогенного воздействия, определения прироста фитомассы, установление застойного увлажнения.

Требования к материалам космической съемки

Для определения данных ДЗЗ необходимых в методике мониторинга следует воспользоваться таблицей 3 и классификатором [3], при условии четкого определения объекта мониторинга, установления его типа и возможных изменений.

Часто пользователи стремятся выбрать снимки с максимальной детальностью, хотя это не всегда оправданно. Выбор детальности снимков зависит от цели исследований и географических особенностей объекта наблюдений. Важно иметь в виду по крайней мере три обстоятельства. Первое – это минимальный размер объектов, которые предполагается дешифрировать и/или отобразить на карте в соответствии с масштабом, в котором она будет составляться. В большинстве случаев приходится ориентироваться не только на размер объектов, являющихся предметом наблюдений, но и на более мелкие объекты, поскольку они могут дать дополнительную информацию при распознавании. Второе – выраженность, четкость границ дешифрируемых объектов: чем более четкие границы имеют объекты, тем более детальное изображение можно использовать. В то же время нет смысла использовать очень детальные снимки для дешифрирования объектов с плохо выраженными, в виде переходной полосы, границами. Известно, что такие границы становятся более четкими по мере уменьшения масштаба. Например, не имеет смысла дешифрировать границу снежного покрова или поверхностных морен на леднике по снимкам сверхвысокого разрешения (менее 2 м), поскольку они не имеют четкой границы.

Третье – интервал повторных наблюдений. В общем случае для выявления сезонных изменений нужны снимки более высокого разрешения, чем для выявления долговременных изменений.[1]

Согласно классификатору [3] тематических задач для целей мониторинга растительного покрова рекомендуется использовать данные ДЗЗ приведенные в таблице 7.

Таблица 7

Рекомендуемые данные ДЗЗ для целей мониторинга растительного покрова

| Раздел | Тема | Наименование задачи | Картируемые слои | Разрешение, м. | Спектр. Диапазоны мкм. | Съемочный прибор |
|-----------------------------------|-------------------------------------|--|---|----------------|------------------------|---|
| Охрана и защита лесов | Инвентаризация лесов | Выявления изменений состояния лесов, происходящих в результате негативного воздействия, а также причин, приведших к такому изменению | Очаги воздействия вредных организмов, лесные пожары, ветровалы, вырубки | 30, 5-15 | 0,4-1,1 3,5-7 см. | TM, HRVIR, HRV, ALI, HRG, Hyperion, LISS-III/IV, ASTER, Formosat-2 |
| | Лесопатологический мониторинг | Выявление территорий неудовлетворительно лесопатологического состояния лесов | Очаги воздействия вредных организмов, гари, ветровалы, погибшие и поврежденные лесные насаждения. | 5-15, 1-4 | 0,4-1,1 | HRVIR, HRV, LISS-III, ALI, Formosat-2, PAN, HRG, Ikonos-2, QuikBird, WorldView-1, Ресурс-ДК |
| Антропогенные воздействия на леса | Воздействия промышленных объектов | Выявление участков леса, пострадавших от пром. выбросов | Территории с разной степенью нарушения раст. покрова | 30,15 | 0,4-1,1 | ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, ASTER, HRG, ALI, Hyperion |
| | Воздействия при заготовке древесины | Выявление участков лесозаготовок в пределах ООПТ | Участки ведения рубок в пределах ООПТ | 30, 5-15 | 0,4-0,8 | ETM+, TM, LISS-III, HRVIR, HRV, Formosat-2, ASTER, Ресурс-ДК, PAN, QuikBird, WorldView, EROS-A/B, HRG |

3.1 Исходные данные, выбор программного обеспечения (ПО) для анализа данных ДЗЗ.

На данный момент существуют ресурсы, позволяющие получать картографические [4] и космические данные [5],[6] на бесплатной основе. На геопортале Роскосмоса [6] при условии регистрации на сайте есть возможность просмотра снимков высокого разрешения спутников Канопус-В и Ресурс-ДК. На сайте геологической службы США есть возможность скачивания снимков со спутников Landsat 5, Landsat 7 и с недавнего времени Landsat 8. С помощью программы SASPlanet [7] возможно получить данные с таких сервисов как <http://kosmosnimki.ru>, <http://maps.yandex.ru> и многих других.

В данной методике использовались разновременные спектрально-зональные снимки со спутников Landsat 5,7,8 за 1992 - 2013 года, IRS - 1C\1D. Для уточнения обнаруженных изменений применяли детализированные панхроматические снимки 2007,2009 гг. Ресурс-ДК №1.

Выбор ПО зависит от масштаба и характера решаемых задач. Программы для обработки и анализа данных дистанционного зондирования:

1. ERDAS IMAGINE – растровый графический редактор и [программный продукт](#), первоначально разработанный компанией ERDAS Inc., и предназначенный для обработки данных дистанционного зондирования (в основном, данных [ДЗЗ](#)). В настоящее время продукт выпускает корпорация [Intergraph](#). Продукт предназначен для работы с растровыми данными. Он позволяет обрабатывать, выводить на экран монитора и подготавливать для дальнейшей обработки в программных приложениях [ГИС](#) и [САПР](#) различные картографические изображения. ERDAS IMAGINE может также работать в режиме инструментального средства (Toolbox), позволяющего производить многочисленные преобразования растровых картографических изображений и одновременно способного снабжать их географической информацией.[10]

2. ENVI – программный продукт для визуализации и обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), который включает в себя набор инструментов для проведения полного цикла обработки данных от ортотрансформирования и пространственной привязки изображения до получения необходимой информации и её интеграции с данными ГИС.[11]

3. MultiSpec – программа, разработанная в американском университете Пердью, хорошо известна среди специалистов по обработке снимков. Система позволяет открывать, просматривать и обрабатывать многозональные, а также гиперспектральные снимки (получаемые, например, сканерами AVIRIS с самолетных носителей и MODIS со спутников Terra и Aqua), а также снимки с радиометрическим разрешением больше 8 бит/пиксел (например, QuickBird, GeoEye – 11 битов). Этот комплекс широко применяется в школьном и университетском эколого-географическом образовании и в других областях. Программа занимает мало места на диске, может использоваться на большинстве компьютеров, что немаловажно для пользователей, обладающих ограниченными техническими возможностями [1]. Программа является бесплатной.

4. Программный пакет ILWIS – свободно распространяемый ГИС-пакет, который обеспечивает не только операции по обработке снимков, включая их геометрические преобразования и координатную привязку, но также и работу с картами в векторном формате.[1]

5. ArcGIS — семейство программных продуктов американской компании [ESRI](#), одного из лидеров мирового рынка [геоинформационных систем](#). ArcGIS построена на основе технологий [COM](#), [.NET](#), [Java](#), [XML](#), [SOAP](#). Новейшая версия — ArcGIS 10,1. ArcGIS позволяет визуализировать (представить в виде цифровой карты) большие объёмы статистической информации, имеющей географическую привязку. В среде создаются и редактируются карты всех масштабов: от планов земельных участков до карты мира.[13]

В качестве программного комплекса для обработки и анализа данных ДЗЗ использовали модуль Image Analysis интегрированный в ESRI ArcGis Desktop 10.1.

Определившись с имеющимися исходными данными, программными продуктами можно приступить непосредственно к выявлению изменений и проведению анализа объектов мониторинга.

3.2. Подбор картографической основы и установление границ объектов мониторинга. Расчет площади. Поиск общей информации об объектах.

Региональный комплексный заказник «Белоборский» находится на территории МО ГО Сыктывкар, общая площадь заказника порядка 9000 га. Год основания 1967. Объекты охраны: природный комплекс средней тайги, включая животный и растительный мир среднего течения р. Вычегды и острова Нидзьяс.



Рис.6. Фрагмент карты масштаба 1:100 000. Район заказника «Белоборский»

Региональный комплексный заказник «Белый», находится на территории Усть-Вымского и Сыктывдинского районов, общая площадь – 7757 га. Год основания 1989. Обоснование создания: для сохранения и восстановления природного комплекса (природного ландшафта) боров-беломошников.



Рис.7 Фрагмент карты масштаба 1:100 000. Район заказника «Белый»

4. Методика выявления изменений на космических снимках

4.1. Предварительная обработка космических снимков

Предварительная обработка – это коррекция и улучшение спутниковых изображений.

- Геометрическая коррекция спутниковых изображений;
- Радиометрическая калибровка снимков;
- Радиометрическая коррекция влияния атмосферы;
- Восстановление пропущенных пикселей;
- Контрастирование;
- Фильтрация.

4.2. Тематическая обработка.

4.2.1. Изучения различных комбинаций каналов (спектральных диапазонов) спектральнональных снимков для целей мониторинга на примере снимков Landsat 5 (TM).7(ETM+),8(OLI)

Спектральный канал - средство получения изображения в определенном спектральном диапазоне.

Интерпретация комбинаций каналов данных Landsat TM / ETM+/OLI

Приведенные ниже описания в определенной степени зависят от условий конкретной сцены (район, сезон и т.д.), но являются достаточно универсальными.

4-3-2 (TM/ETM+) 5-4-3 (OLI)

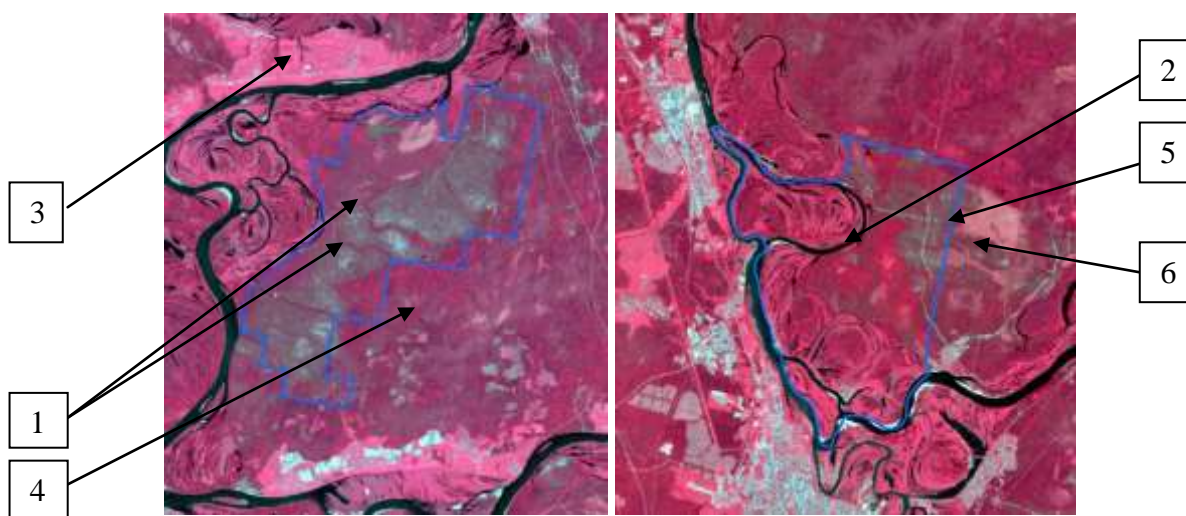


Рис.8 Заказник «Белый»

Рис.9 Заказник «Белоборский»

Стандартная комбинация «искусственные цвета». Растительность отображается в оттенках красного, городская застройка – зелено-голубых, а цвет почвы варьируется от темно до светло коричневого. Лед, снег и облака выглядят белыми или светло голубыми (лед и облака по краям). Хвойные леса будут выглядеть более темно-красными или даже коричневыми по сравнению с лиственными. Эта комбинация очень популярна и используется, главным образом, для изучения состояния растительного покрова, мониторинга дренажа и почвенной мозаики, а также для изучения агрокультур. В целом, насыщенные оттенки красного являются индикаторами здоровой и (или) широколиственной растительности, в то время как более светлые оттенки характеризуют травянистую или кустарниковую растительность.

В связи с тем, что сосновые сухие боры имеют довольно разреженную растительность (темно-серые оттенки) на снимке различима большая площадь открытой почвы и

лишайников (Рис.8-[1]) они представлены темно голубым оттенком. Лиственная растительность представлена в данной комбинации светло-красными оттенками (Рис.9-[2]). Травянистая растительность имеет розоватые оттенки (Рис. 8-[3]). Смешанные и хвойные леса представлены темно-красными оттенками (Рис.8-[4]). На снимке в данной комбинации каналов (Рис.9) бледно красными оттенками хорошо различимы болота (Рис.9-[5]) и скудная угнетенная растительность (Рис.9-[6]).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в данной комбинации каналов снимка Landsat имеется возможность дифференцировать растительность, почвы, водные объекты, определять состояние и продуктивность растительности, в частности лесной растительности.

3-2-1(TM/ETM+) 4-3-2(OLI)



Рис.10 Заказник «Белый»



Рис.11 Заказник «Белоборский»

Комбинация «естественные цвета». В этой комбинации используются каналы видимо диапазона, поэтому объекты земной поверхности выглядят похожими на то, как они воспринимаются человеческим глазом. Здоровая растительность выглядит зеленой, убранные поля – светлыми, нездоровая растительность – коричневой и желтой, дороги – серыми, береговые линии – белесыми. Эта комбинация каналов дает возможность анализировать состояние водных объектов и процессы седиментации, оценивать глубины. Также используется для изучения антропогенных объектов. Вырубки и разреженная растительность детектируются плохо, в отличие от комбинации 4-5-1 или 4-3-2. Облака и снег выглядят одинаково белыми и трудноразличимы. Кроме того, трудно отделить один тип растительности от другого. Эта комбинация не позволяет отличить мелководье от почв в отличие от комбинации 7-5-3.

7-4-2 (TM/ETM+) 7-5-3 (OLI)

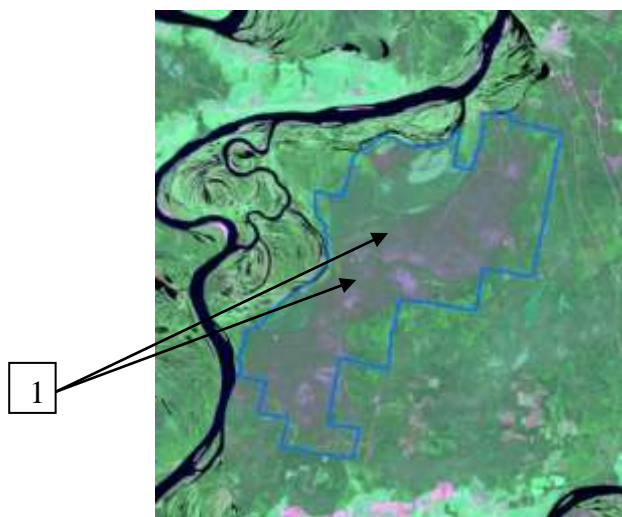


Рис.12 Заказник «Белый»



Рис.13 Заказник «Белоборский»

Эта комбинация дает изображение близкое к естественным цветам, но в тоже время позволяет анализировать состояние атмосферы и дым. Здоровая растительность выглядит ярко зеленой, травянистые сообщества – зелеными, ярко розовые участки детектируют открытую почву, коричневые и оранжевые тона характерны для разреженной растительности. Сухостойная растительность выглядит оранжевой, вода - голубой. Песок, почва и минералы могут быть представлены очень большим числом цветов и оттенков. Эта комбинация дает великолепный результат при анализе пустынь и опустыненных территорий. Кроме того, может быть использована для изучения сельскохозяйственных земель и водно-болотных угодий. Сгоревшие территории будут выглядеть ярко красными. Эта комбинация используется для изучения динамики пожаров и пост-пожарного анализа территории. Городская застройка отображается в оттенках розово-фиолетового, травянистые сообщества – зелеными и светло зелеными. Светло зеленые точки внутри городских территорий могут быть парками, садами или полями для гольфа. Оливково-зеленый цвет характерен для лесных массивов и более темный цвет является индикатором примеси хвойных пород. На снимке хорошо различима разреженная растительность и открытые почвы характерные для сухих и очень сухих боров (Рис.12-[1]).

4-5-1 (TM/ETM+)



Рис.14 Заказник «Белый»



Рис.15 Заказник «Белоборский»

Здоровая растительность отображается в оттенках красного, коричневого, оранжевого и зеленого. Почвы могут выглядеть зелеными или коричневыми, урбанизированные территории – белесыми, серыми и зелено-голубыми, ярко голубой цвет может детектировать недавно вырубленные территории, а красноватые – восстановление растительности или разреженную растительность. Чистая, глубокая вода будет выглядеть очень темно синей (почти черной), если же это мелководье или в воде содержится большое количество взвесей, то в цвете будут преобладать более светлые синие оттенки. Добавление среднего инфракрасного канала позволяет добиться хорошей различимости возраста растительности. Здоровая растительность дает очень сильное отражение в 4 и 5 каналах. Использование комбинации 3-2-1 параллельно с этой комбинацией позволяет различать затопляемые территории и растительность. Эта комбинация малопригодна для детектирования дорог и шоссе.

4-5-3 (TM/ETM+)



Рис.16 Заказник «Белый»



Рис.17 Заказник «Белоборский»

Эта комбинация ближнего, среднего ИК-каналов и красного видимого канала позволяет четко различить границу между водой и сушей и подчеркнуть скрытые детали плохо видимые при использовании только каналов видимого диапазона. С большой точностью будут детектироваться водные объекты внутри суши. Эта комбинация отображает растительность в различных оттенках и тонах коричневого, зеленого и оранжевого. Эта комбинация дает возможность анализа влажности и полезны при изучении почв и растительного покрова. В целом, чем выше влажность почв, тем темнее она будет выглядеть, что обусловлено поглощением водой излучения ИК диапазона.

7-5-3 (TM/ETM+) 7-6-4 (OLI)



Рис.18 Заказник «Белый»



Рис.19 Заказник «Белоборский»

Эта комбинация дает изображение близкое к естественным цветам, но в тоже время позволяет анализировать состояние атмосферы и дым. Растительность отображается в оттенках темно и светло зеленого, урбанизированные территории выглядят белыми, зелено-голубыми и малиновыми, почвы, песок и минералы могут быть очень разных цветов. Практически полное поглощение излучения в среднем ИК-диапазоне водой, снегом и льдом позволяет очень четко выделять береговую линию и подчеркнуть водные объекты на снимке. Горячие точки (как, например, кальдеры вулканов и пожары) выглядят красноватыми или желтыми. Одно из возможных применений этой комбинации каналов – мониторинг пожаров. Затопляемые территории выглядят очень темно синими и почти черными, в отличие от комбинации 3-2-1, где они выглядят серыми и плохо различимы.

5-4-3 (TM/ETM+) 6-5-4 (OLI)

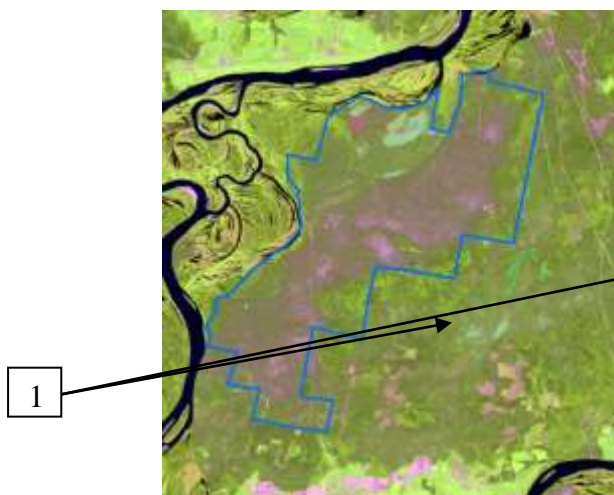


Рис.20 Заказник «Белый»



Рис.21 Заказник «Белоборский»

Как и комбинация 4-5-1 эта комбинация дает дешифровщику очень много информации и цветовых контрастов. Здоровая растительность выглядит ярко зеленой, а почвы – розовато-лиловыми. В отличие от 7-4-2, включающей 7 канал и позволяющей изучать геологические процессы, эта комбинация дает возможность анализировать сельскохозяйственные угодья. Эта комбинация очень удобна для изучения растительного покрова и широко используется для анализа состояния лесных сообществ. На снимке хорошо раз-

личима низкопродуктивная угнетенная растительность, представленная в основном сосной (Рис.20,21 – [1]), негативный фактор – застойное увлажнение.

5-4-1 (TM/ETM+)

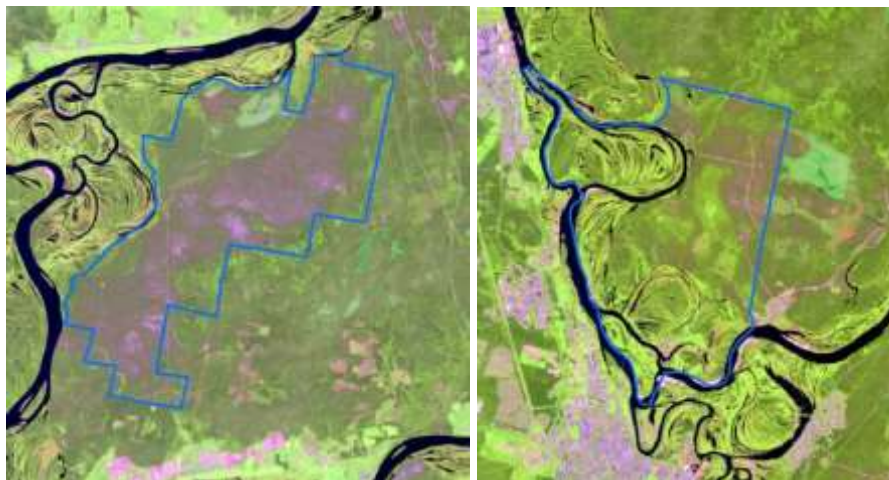


Рис.22 Заказник «Белый» Рис.23 Заказник «Белоборский»

Комбинация похожа на 7-4-2, здоровая растительность выглядит ярко зеленой, за исключением того, что эта комбинация лучше для анализа сельскохозяйственных культур.

7-5-4 (TM/ETM+)

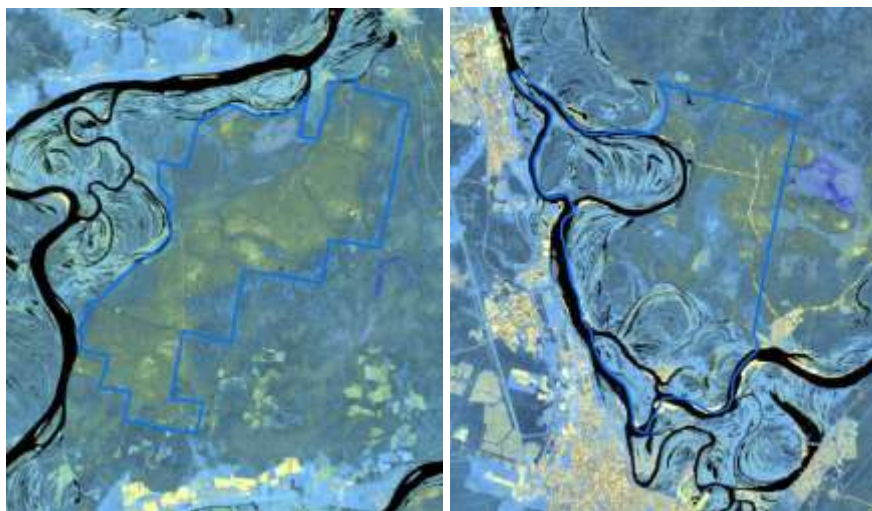


Рис.24 Заказник «Белый» Рис.25 Заказник «Белоборский»

Эта комбинация не включает ни одного канала из видимого диапазона, и обеспечивает оптимальный анализ состояния атмосферы. Береговые линии четко различимы. Может быть использован для анализа текстуры и влажности почв. Растительность выглядит голубой.

5-3-1(TM/ETM+)



Рис.26 Заказник «Белый»



Рис.27 Заказник «Белоборский»

ский»

Эта комбинация показывает топографические текстуры, в то время как 7-3-1 позволяет различить горные породы. [15]

Примеры различных комбинаций каналов для выявления изменений.

Выявление пожаров

На рисунке 28 темно-красным оттенком выглядит низовой пожар, произошедший 29 июня 2012 года в Комсомольском лесничестве Троицко-печерского района Республики Коми. Снимок Landsat 8 представлен в комбинации 7-5-3. Площадь пожара 24,5 га.

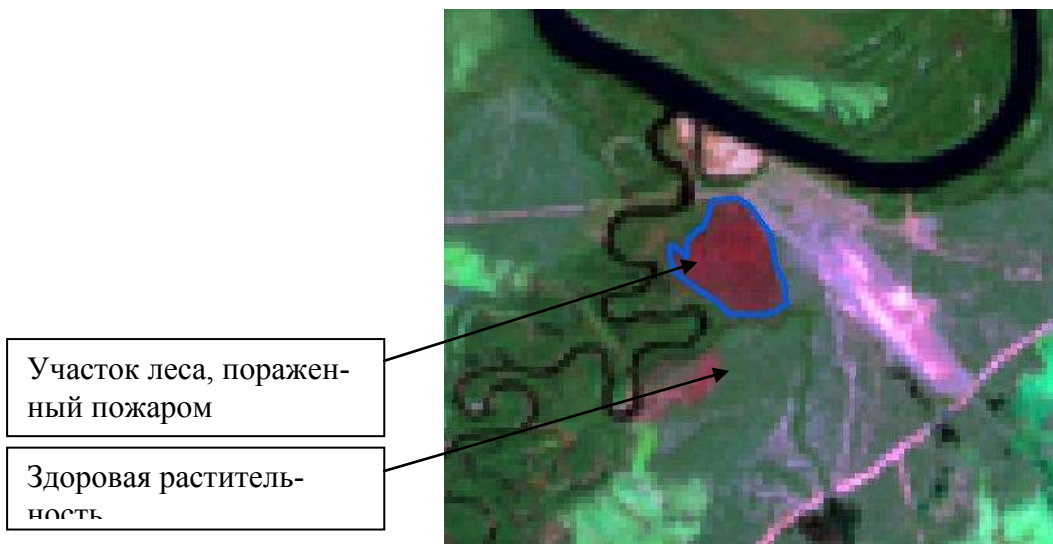
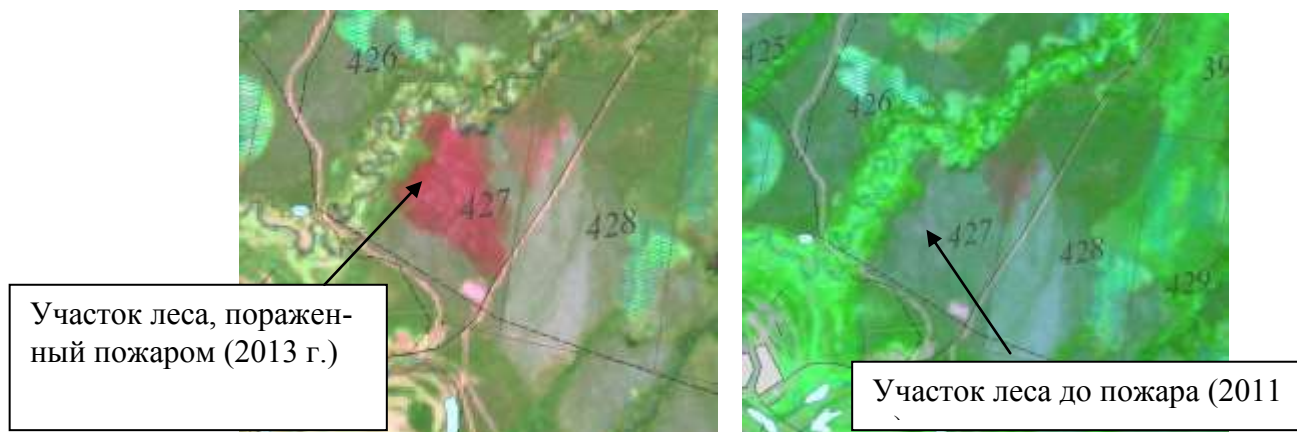


Рис.28 Комсомольское лесничество, растительность после низового пожара. Снимок Landsat OLI (Landsat 8). Дата снимка 23.05.2013



Участок леса, пораженный пожаром (2013 г.)

Участок леса до пожара (2011 г.)

Рис.29,30 Ертомское лесничество, растительность до и после низового пожара. Площадь пожара 84 га. Комбинация каналов Landsat 8, 7-5-3 (рис.27), Landsat 5, 7-4-2.

Выявление ветровалов

На рисунке 31 представлен ветровал 2012 г., используемая комбинация каналов снимка 6-5-4 (сенсор OLI). Ветровалы имеют розоватый оттенок и вытянутую форму по направлению шквалистого ветра, ставшего причиной ветровала.



Ветровал. Снимок май 2013 г.

Рис. 31 Ветровал в Койгородском лесничестве. Снимок Landsat 8.(6-5-4)

На рисунке 32 ветровал представлен в комбинации каналов 7-5-3. Таким образом от пожаров ветровалы отличает розоватый оттенок и характер распространения на местности. (нет единого очага)

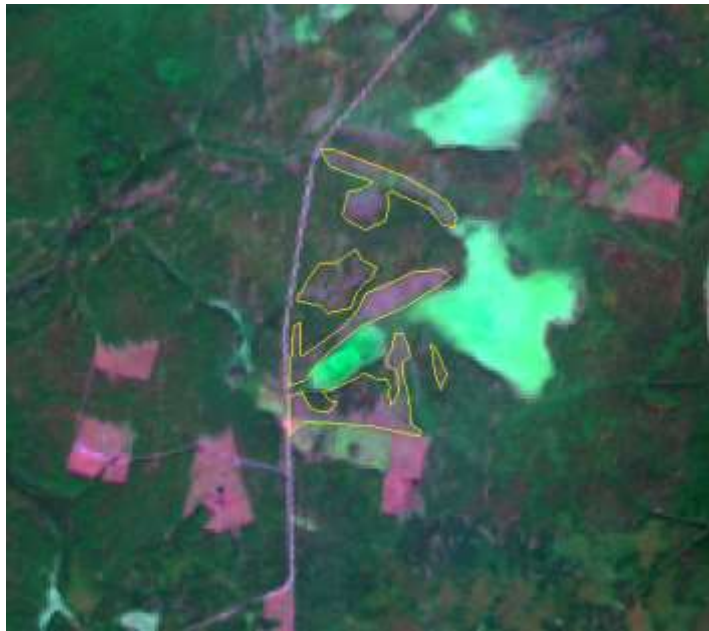


Рис. 32 Ветровал в Койгородском лесничестве. Снимок Landsat 8.(7-5-3)

4.2.2. Создание мультिवременного композита на основе снимков Landsat 5

Мультिवременной композит позволяет выявлять изменения растительного покрова, водных объектов посредством синтеза каналов разновременных снимков.

Для создания композита используются каналы Blue(1) и Red(3) более нового снимка Landsat, т.е. в нашем случае 2009 г., канал Green(2) видимого диапазона более старого снимка - 1992 г. Затем производим синтез каналов и получаем мультिवременной (разновременной) композит.



Рис.33 Landsat TM - 1992 год



Рис.34 Landsat TM - 2009 год

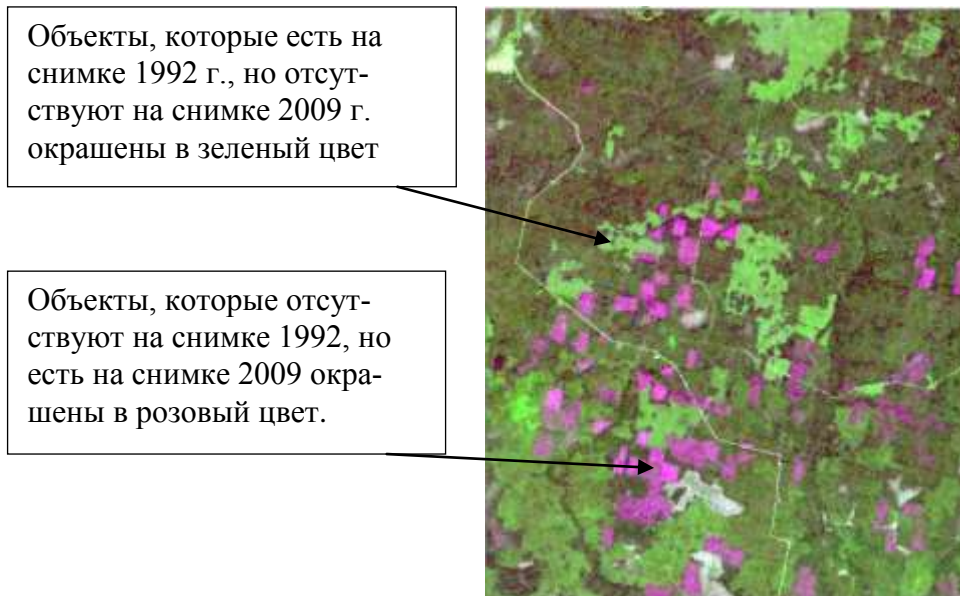


Рис.35 Landsat TM - Мультивременной композит (1992, 2009 гг.)

На мультивременном композите представлена динамика вырубок за 17 лет с 1992 по 2009 гг. На композите наблюдается зарастание вырубок (светло-зеленые оттенки) и появление новых лесосек (розовые оттенки). Аналогично возможно выявление ветровалов, образование болот, выявление вырубок с неудовлетворительным восстановлением, мониторинг незаконных мест рубок, выявление гарей, мест угнетения и отмирания растительности.

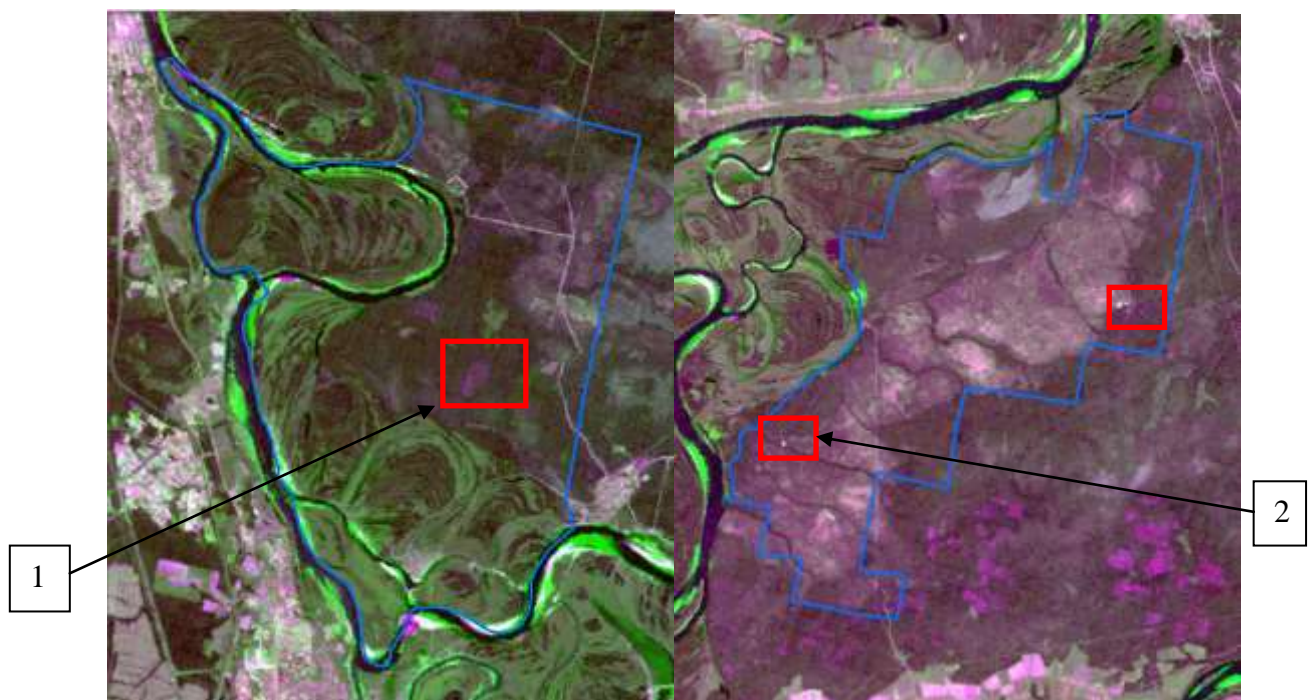


Рис. 36 Композит заказника "Белоборский" "Белый"

Рис.37 Композит заказника

На снимках (Рис.36 – [1], Рис.37 – [2]) наблюдаются изменения в виде отсутствия растительности. Для более точного установления типа изменения необходимо изучить снимки сверхвысокого пространственного разрешения, таких как Ресурс-ДК с разрешением до 1 м.

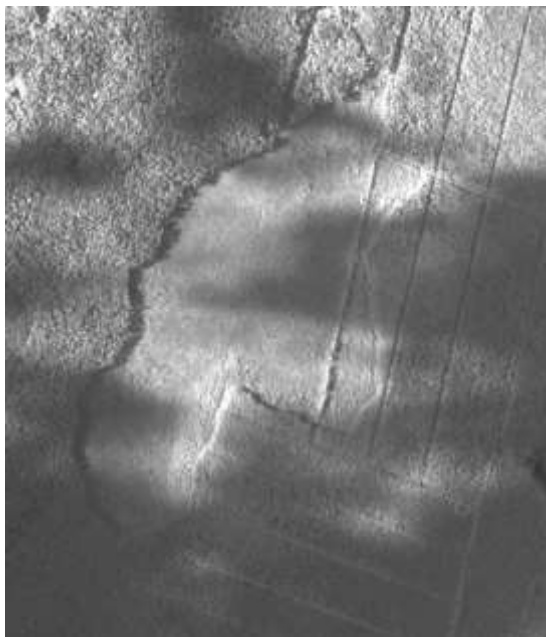


Рис.38 Снимок Ресурс-ДК 2007 г. (Квадрат 1 на Рис.29)

На снимке Ресурс-ДК 2007 г. четко видно, что объект выявленный на композите снимков Landsat TM (рис.36) представляет собой вырубку. Возможно был разработан ветровал. Для уточнения легальности рубки, проверки соответствия границ отвода и фактической рубки необходимо сделать запрос в местное лесничество.

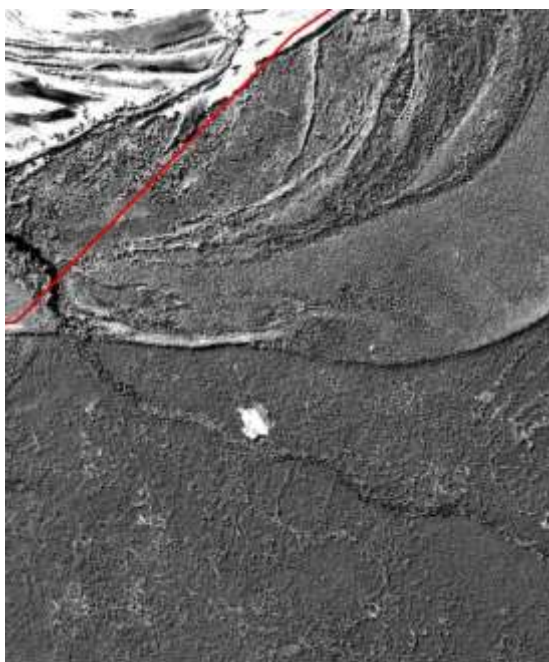


Рис.39 Снимок Ресурс-ДК 2007 г. (Квадрат 2 на Рис.30)

Необходимо иметь в виду, что по материалам аэрокосмических съемок выявляют только факт и степень повреждения. Причину, вызвавшую его, вид вредителя и болезни можно установить только при наземном обследовании. Исключения составляют вырубки, свежие гари, ветровалы, которые надежно опознают на снимках по специфическим, присущим только им дешифровочным признакам. Поэтому лесопатологические обследования на основе использования материалов аэрокосмических съемок должны обязательно сочетать дешифрирование снимков с данными выборочных наземных обследований. [14]

4.2.3. Мониторинг изменений посредством расчета вегетационных индексов

Вегетационный индекс (ВИ) это показатель, рассчитываемый в результате операций с разными спектральными диапазонами (каналами) ДДЗ, и имеющий отношение к параметрам растительности в данном пикселе снимка. Эффективность ВИ определяется особенностями отражения; эти индексы выведены, главным образом, эмпирически.

Основное предположение по использованию ВИ состоит в том, что некоторые математические операции с разными каналами ДЗЗ могут дать полезную информацию о растительности. Это подтверждается множеством эмпирических данных. Второе предположение – это идея, что открытая почва на снимке будет формировать в спектральном пространстве прямую линию (т.н. почвенная линия). Почти все распространенные вегетационные индексы используют только соотношение красного – ближнего инфракрасного каналов, предполагая, что в ближней инфракрасной области лежит линия открытой почвы. Подразумевается, что эта линия означает нулевое количество растительности.

- **NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)** – нормализованный разностный индекс растительности – простой количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы (обычно называемый вегетационным индексом). Один из самых распространенных и используемых индексов для решения задач, использующих количественные оценки растительного покрова. Расчет NDVI базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках спектральной кривой отражения сосудистых растений. В красной области спектра (0,6-0,7 мкм) лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области (0,7-1,0 мкм) находится область максимального отражения клеточных структур листа. То есть высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с густой растительностью) ведет к меньшему отражению в красной области спектра и большему в инфракрасной [2]. NDVI характеризует плотность растительности, позволяет оценить всхожесть и рост растений, продуктивность угодий.



Рис. 40 Значения индекса NDVI

Для зеленой растительности отражение в красной области всегда меньше, чем в ближней инфракрасной, за счет поглощения света хлорофиллом, поэтому значения NDVI для растительности не могут быть меньше 0. [2]

Индекс NDVI – это безразмерный показатель, отражающий активность вегетации растительности, но в тоже время он коррелирует со следующими параметрами: содержание хлорофилла, площадь листовой поверхности, сомкнутость и архитектура растительного покрова, поглощение фотосинтетически активной радиации. Также наблюдается связь значения индекса NDVI с такими показателями как продуктивность, биомасса, влажность почвы, испаряемость, объем выпадающих осадков, мощность и характеристики снежного покрова.

Таблица 8

Типы объектов и значения индекса NDVI

| Тип объекта | Коэффициент отражения в красной области спектра | Коэффициент отражения в ближней инфракрасной области спектра | Значение NDVI |
|--|---|--|---------------|
| Густая растительность | 0,1 | 0,5 | 0,7 |
| Разряженная растительность | 0,1 | 0,3 | 0,5 |
| Открытая почва | 0,25 | 0,3 | 0,025 |
| Облака | 0,25 | 0,25 | 0 |
| Снег и лед | 0,375 | 0,35 | -0,05 |
| Вода | 0,02 | 0,01 | -0,25 |
| Искусственные материалы (бетон, асфальт) | 0,3 | 0,1 | -0,5 |

Таблица 9

Комбинации каналов камер спутников используемые для расчета NDVI

| | |
|-------------------|--|
| MSS Landsat(4,5) | 5 (0.6-0.7 мкм), 6 (0.7-0.8 мкм) или 7 (0.8-1.1 мкм) |
| TM Landsat(4,5) | 3 (0.63-0.69 мкм), 4 (0.76-0.90 мкм) |
| ETM+ Landsat7 | 3 (0.63-0.69 мкм), 4 (0.75-0.90 мкм) |
| AVHRR NOAA | 1 (0.58-0.68 мкм), 2 (0.72-1.0 мкм) |
| MODIS Terra(Aqua) | 1 (0.62-0.67 мкм), 2 (0.841-0.876 мкм) |
| ASTER Terra | 2 (0.63-0.69 мкм), 3 (0.76-0.86 мкм) |
| LISS IRS(1C/1D) | 2 (0.62-0.68 мкм), 3 (0.77-0.86 мкм) |

Расчет индекса для каждого пиксела космического снимка по красной и ближней инфракрасной спектральным зонам позволяет получить производное изображение — карту NDVI. Индекс NDVI позволяет выявить угнетенную растительность, давая возможность принимать наиболее верные в долгосрочной перспективе решения, направленные на повышение продуктивности растительности. Участки с различным состоянием расти-

тельности или объемом зеленой фитомассы могут быть изображены различными цветами. В данной методике расчет индекса NDVI производился на основе снимков Landsat 5.

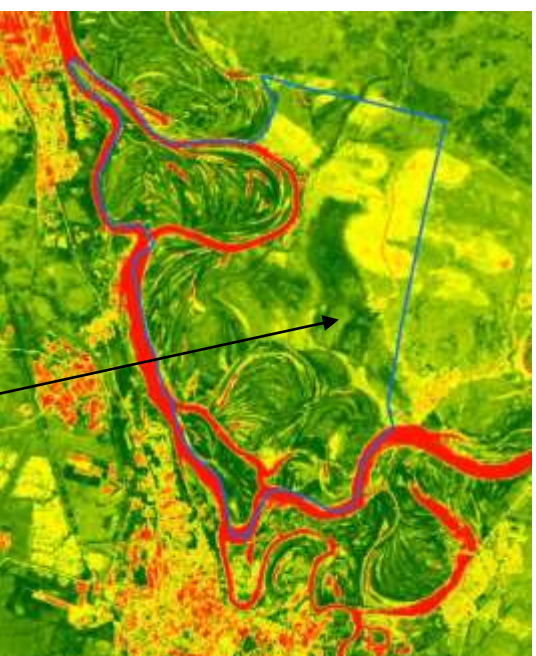


Увеличение объема фитомассы и лесопокрытой площади (ср.значение индекса увеличилось с 0,25 до 0,36)

Рис.41 Заказник "Белый" - 1992 г.

Рис.42 Заказник "Белый" - 2009 г.

Как видно на картах NDVI 1992 и 2009 гг. произошло увеличение фитомассы древесной растительности. На карте 1992 г. наблюдается большее число участков, имеющих красноватый оттенок – низкие значения индекса, открытая почва и разреженная растительность, 0,2 – 0,25 . На карте 2009 г. те же участки приобрели желтый оттенок, таким образом, значения возросли до 0,35 – 0,5. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что растительность здоровая и имеет естественный прирост.



Увеличение объема фитомассы на объектах гидролесомелиорации

Рис.42 Заказник "Белоборский" - 1992 г.

Рис.43 Заказник "Белоборский" - 2009 г.

Таким образом, для целей мониторинга заказников расчет индекса NDVI может быть полезен в случаях определения положительной или отрицательной динамики прироста фитомассы, определения участков угнетения растительности (снижение значений индекса NDVI во времени), определения районов заболачивания растительности. Расчет индекса NDVI производили в программе ArcGIS 10.1.

4.2.4. Анализ главных компонент

Анализ главных компонент это метод анализа многоспектральных коррелированных данных. Понятие коррелированные данные означает, что при возрастании значения яркости пикселей в одном спектральном канале возрастают значения яркости и в других спектральных каналах. При синтезировании цветного изображения снимок будет обделен цветами. Например, все виды растительности будут изображены близкими неразличимыми оттенками цвета. Такое расположение значений яркости характерно для большинства природных объектов (растительности, почв, горных пород).

Возможности анализа главных компонент:

1. Если снимок содержит более трех спектральных каналов, можно создать цветное изображение из трех главных компонент, поскольку в типичном многозональном изображении обычно первые два или три компонента способны описать практически всю изменчивость спектральных характеристик. Остальные компоненты чаще всего подвержены шумовым воздействиям. Отбрасывая эти компоненты можно уменьшить объем данных без заметной потери информации.
2. Если объекты малого размера и низкого контраста плохо дешифрируются на исходных снимках, часто хорошо выявляются на изображениях отдельных спектральных компонент.
3. Такое преобразование проводят для серии разновременных снимков, приведенных в единую систему координат, для выявления динамики, которая ярко проявляется в одной или двух компонентах.

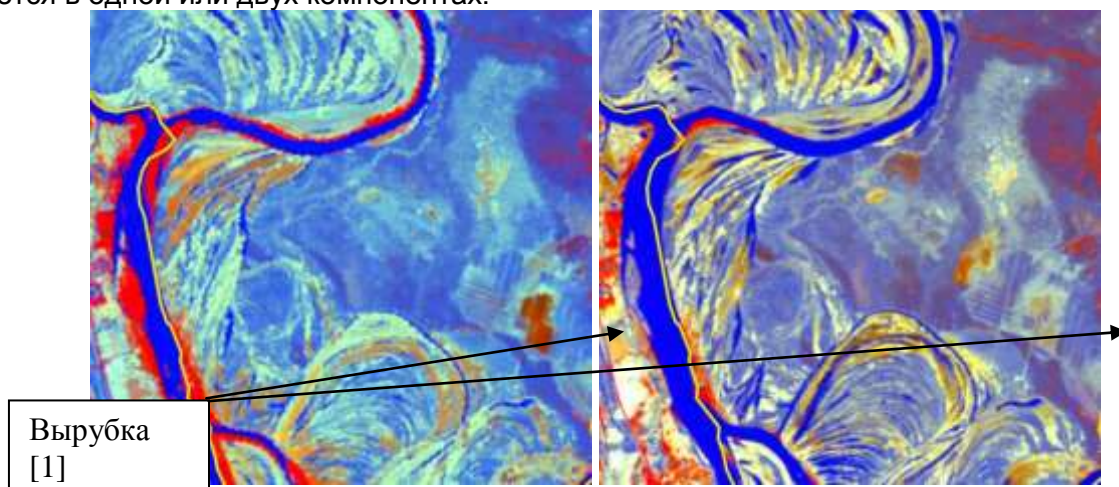


Рис. 44 «Белоборский» 1992 г.

Рис. 45 «Белоборский» 2009 г.

Путем вычитания снимков 1992 и 2009 гг, обработанных по методу главных компонент, получаем карту разности. Розовыми оттенками на карте представлены объекты, появившиеся на снимке 2009 г., но отсутствующие на снимке 1992 г. Салатовым оттенком представлен растительность, изменившая свои характеристики (изменились яркостные значения пикселя снимка). Это может быть прирост фитомассы насаждения, зарастание вырубок, зарастание вдоль береговой линии.

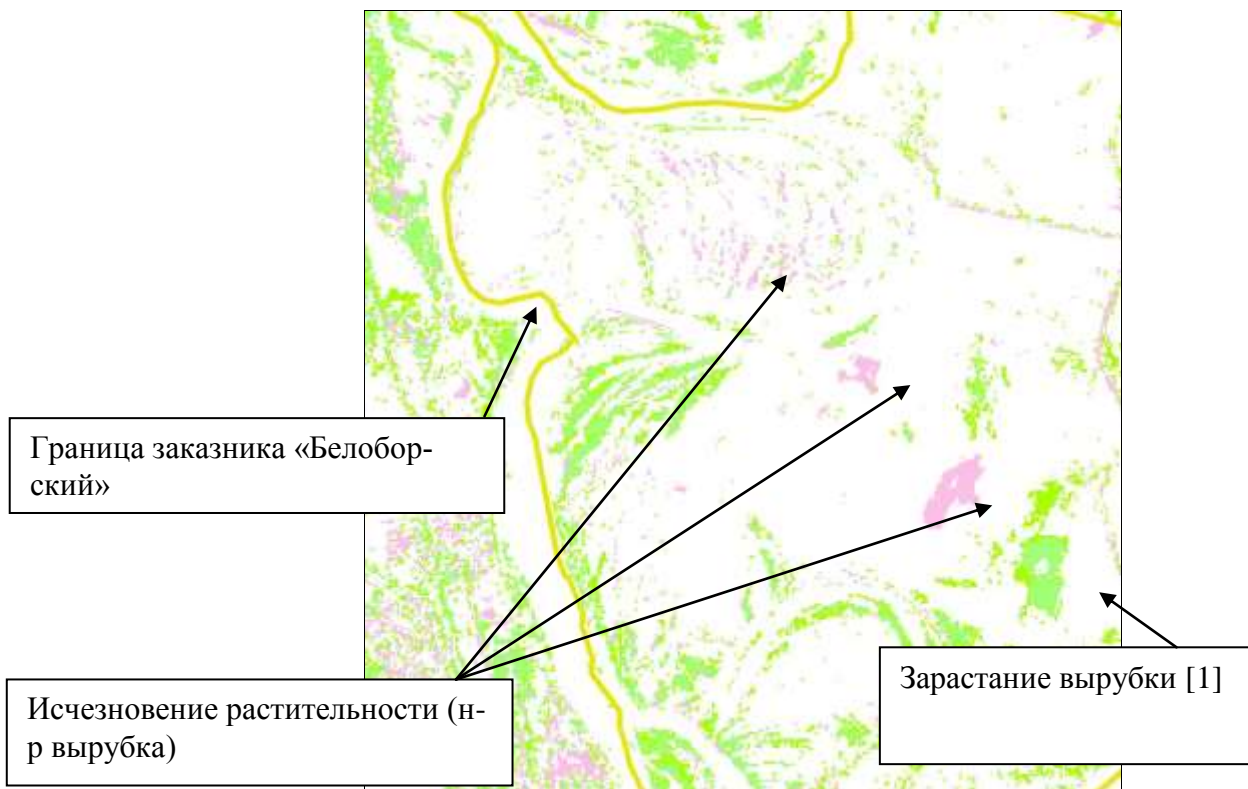


Рис. 46 Карта разности «Белоборский»

4.2.5. Классификация

Для целей мониторинга заказников «Белый» и «Белоборский» посредством данных ДЗЗ необходимо провести дешифрирование космических снимков на территорию заказников с целью определения объектов мониторинга. Компьютерное дешифрирование называется классификацией. Таким образом классификация позволит определить классы объектов и составить векторную карту объектов мониторинга.

Классификация – это компьютерное дешифрирование снимков или процесс автоматизированного подразделения всех пикселей снимка на группы (классы), которые соответствуют разным объектам.

Существуют разные виды классификаций:

- Классификация с обучением;
- Классификация без обучения.

Классификация с обучением – это процесс, при котором происходит сравнение значения яркости каждого пикселя с эталонами, в результате, каждый пиксел относится к наиболее подходящему классу объектов.

Классификацию с обучением можно применять, если:

- заранее известно, какие объекты есть на снимке;
- на снимке имеется небольшое количество (до 30) классов;
- эти классы четко различаются на снимке.

Процесс классификации с обучением включает в себя несколько этапов.

- определение задач обработки снимка и выбор способа классификации;
- выбор эталонных участков;
- проведение классификации и оценка качества результатов.

4.2.5.1. Способы классификации с обучением

Существуют 6 способов классификации с обучением. Рассмотрим подробнее каждый из них.

Таблица 10

Способы классификации

| | | |
|---|---|--|
| <p>Способ спектрального угла. Способ спектрального угла дает хорошие результаты, когда нужно провести классификацию для объектов, которые имеют схожие значения яркости.</p> | <p>Способ минимального расстояния. Способ минимального расстояния применяют, когда области значения яркости объектов пересекаются.</p> | <p>Способ параллелепедов. Способ параллелепедов применяют, когда области значения яркости объектов не пересекаются.</p> |
| <p>Способ максимального правдоподобия. Этот способ применяют в особенно сложных случаях, когда области значений яркости разных классов в пространстве признаков перекрываются и имеют сложную (или вытянутую) форму.</p> | <p>Способ дистанции Махаланобиса. Этот способ является более точным, по сравнению со способом минимального расстояния, поскольку учитывает распределение значений яркости обучающих выборок.</p> | <p>Бинарное кодирование. Этот способ применяют, если все пиксели на снимке нужно разделить на два класса.</p> |

Способ спектрального угла

Способ спектрального угла дает хорошие результаты, когда нужно провести классификацию для объектов, которые имеют схожие значения яркости во всех спектральных диапазонах. Кроме того, поскольку этот способ не учитывает значения яркости пикселей, то на результаты не влияют и эффекты засветки снимков.



Рис. 47 Первоначальный снимок Landsat.

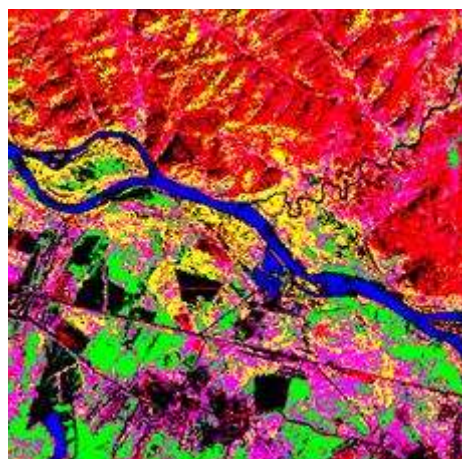


Рис.48 Результат классификации способом спектрального угла.

При классификации способом спектрального угла:

- предварительно создают эталонные участки;
- все пиксели снимка, в том числе и эталонные, рассматриваются как векторы в пространстве спектральных признаков;

- задается максимально допустимый спектральный угол, то есть, если угол между эталонным вектором и вектором пиксела, который подвергается классификации меньше максимального, то этот пиксел относится к данному классу, если больше - не относится.

Способ минимального расстояния.

Этот способ используют, когда спектральные признаки разных классов похожи, и диапазоны значений их яркости перекрываются.



Рис.49 Первоначальный снимок Landsat.

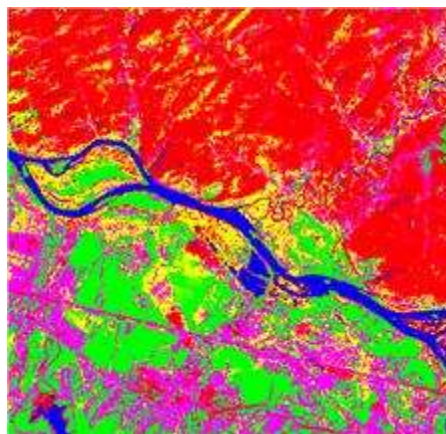


Рис.50 Результат классификации способом минимального расстояния

Недостаток этого метода заключается в том, что при его применении не учитывается распределение (дисперсия) значения яркости пикселей в эталонных участках.

Способ параллелепипедов

Способ параллелепипедов применяют, когда области значения яркости объектов не пересекаются.



Рис.51 Первоначальный снимок Landsat.

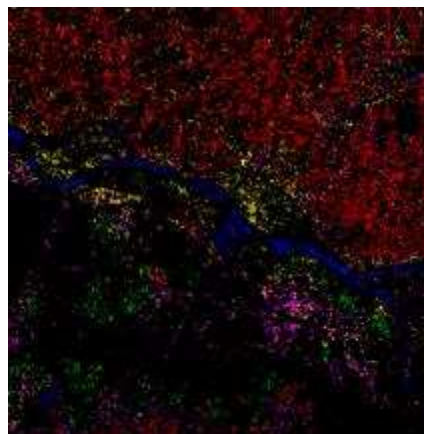


Рис.52 Результат классификации способом спектрального угла.

Способ максимального правдоподобия

Способ максимального правдоподобия рассчитывает вероятность, с которой данный пиксел принадлежит к какому-либо классу. Количество и параметры классов задаются пользователем, путем указания обучающих выборок. Каждый пиксел относится к тому классу, к которому он может принадлежать с наибольшей вероятностью. При расчете вероятности учитывается яркость пиксела и яркости окружающих его пикселей.

В двумерном пространстве спектральной яркости, полученные данным способом классы, описываются эллипсами, а в многомерном - эллипсоидами



Рис.53 Первоначальный снимок Landsat.

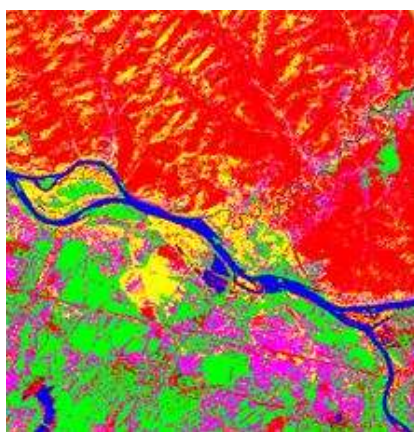


Рис.54 Результат классификации способом максимального правдоподобия.



Способ дистанции Махаланобиса

Этот способ классификации похож на способ минимального расстояния, а отличается тем, что в процессе классификации измеряется не евклидово (как в способе минимального расстояния), а расстояние Махаланобиса. Это означает, что этот способ учитывает распределение (дисперсию) значений яркости пикселей в эталонных участках. Поэтому, если евклидово расстояние от вектора яркости данного пиксела, до двух эталонных векторов одинаково, то этот пиксел будет отнесен в тот класс, дисперсия эталонной выборки которого больше.



Рис.55 Первоначальный снимок Landsat

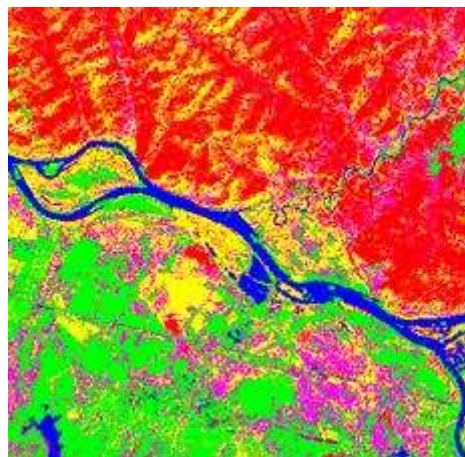


Рис.56 Результат классификации способом дистанции Махаланобиса.



Бинарное кодирование

Если на снимке все пиксели нужно разделить на два класса, например, вода - суша, можно использовать метод бинарного кодирования. При бинарном кодировании всем пикселям присваивается одно из двух значений на основе сравнения со значениями эталонных выборок. Во время классификации значения каждого пиксела сравниваются со средним эталонной выборки. В результате получается бинарное изображение.



Рис.57

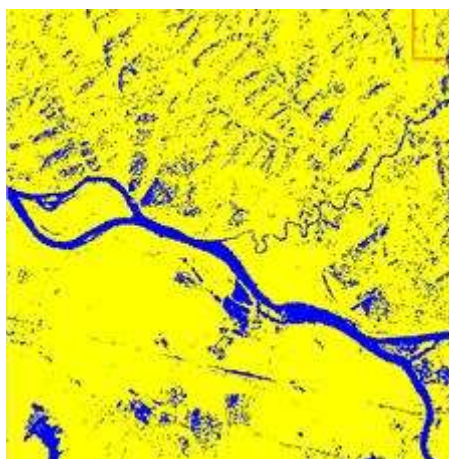


Рис.58

4.2.5.2. Классификация без обучения

Классификации без обучения это процесс, при котором распределение пикселей изображения происходит автоматически, на основе анализа статистического распределения яркости пикселей.

Следует отметить, что перед началом классификации неизвестно сколько, и каких объектов есть на снимке, а после проведения классификации необходимо дешифрирование полученных классов, чтобы определить, каким объектам они соответствуют. Таким образом, классификацию без обучения применяют в случае если: заранее неизвестно какие объекты есть на снимке; на снимке большое количество объектов (более 30) со сложными границами; также можно применять, как предварительный этап перед классификацией с обучением. Наиболее распространенные методы классификации без обучения:

1. ISODATA;
2. К-Средних.

ISODATA – метод классификации без обучения ISODATA (Итерационная самоорганизующаяся методика анализа данных - Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique). ISODATA это процесс, который основан на кластерном анализе. К одному классу относятся пиксели, значения яркости которых наиболее близки в пространстве спектральных признаков.

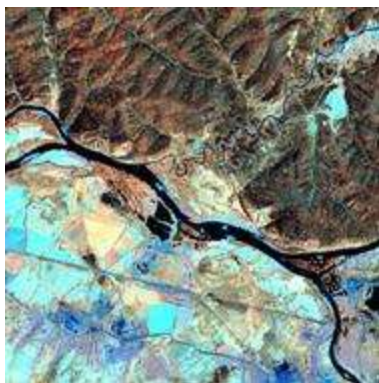


Рис.59 Первоначальный снимок Landsat.

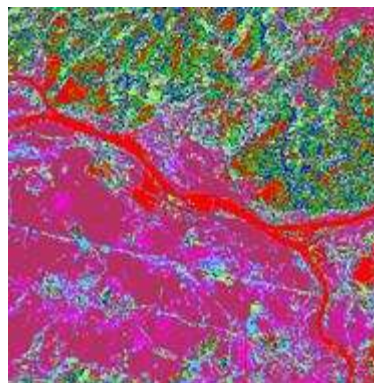


Рис.60 Результат классификации ISODATA.

К-Средних – метод классификации без обучения. К-Средних отличается от метода ISODATA тем, что требует изначального задания некоторого количества средних значений для формирования начальных классов, следовательно, этот метод используют, когда объекты на снимке достаточно хорошо различаются. [2]

Для снимков территории заказников проведем классификацию без обучения методом ISODATA. Выявим основные объекты для мониторинга. Классификацию проводили в программе ArcGis 10.1

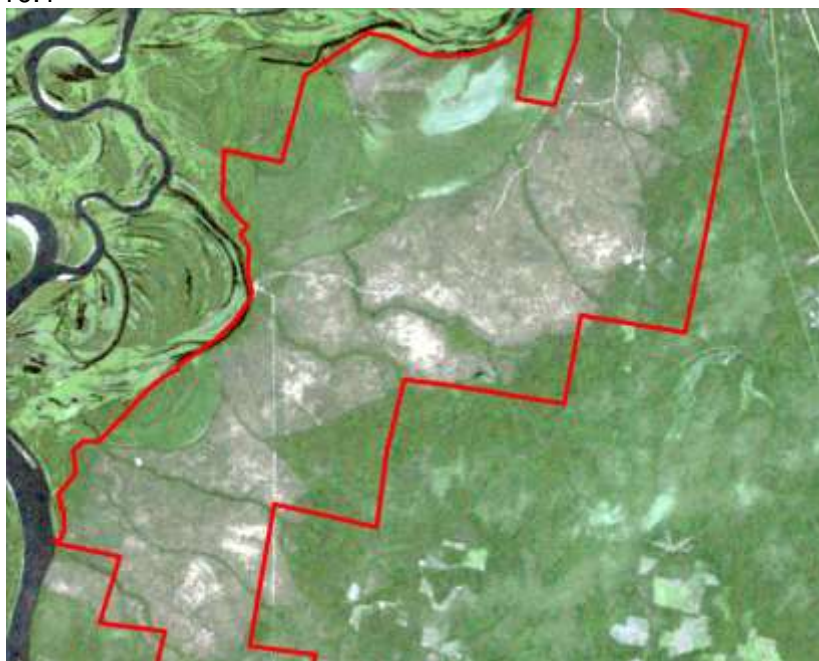


Рис. 61 Снимок Landsat 5, заказник «Белый» 2009 г.

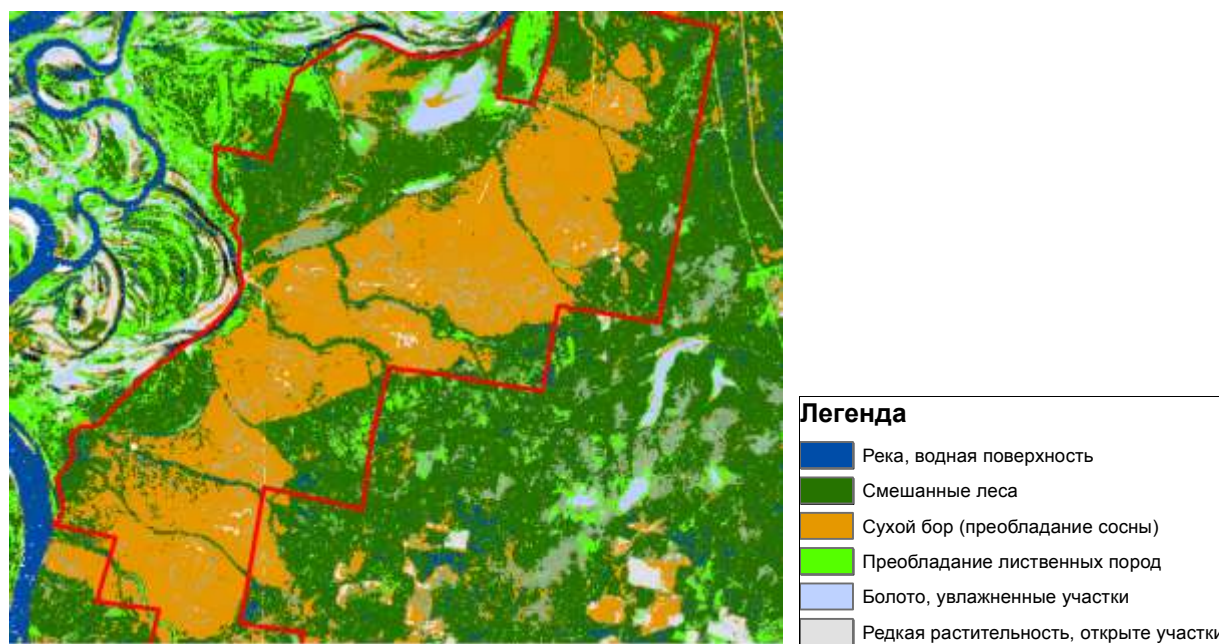


Рис.62 Результат классификации ISODATA

Таким образом, классификация позволяет разбить пиксели космического снимка на классы объектов, присвоить каждому классу имя, визуализировать каждый класс присвоением определенного цвета. После классификации мы получаем наглядную карту объекта мониторинга.

4.2.6. Изучение корреляции между значениями карты NDVI и таксационными характеристиками выдела

Используя слой и растр NDVI, произвели расчет минимального, среднего и максимального значения индекса в пределах каждого выдела. Для выявления зависимости произвели группировку таксационных характеристик по составу, среднему возрасту преобладающей породы, типу лесорастительных условий. (Н-р.: Преобладающая порода Сосна, состав – 10С, ТЛУ – Сухой и очень сухой бор, средний возраст в пределах интервала). В пределах каждого интервала выявили наиболее встречающиеся характеристики. Так для интервала индекса NDVI от 0,2 до 0,3 для среднего значения индекса на выдел почти 100% встречаемость наблюдается для преобладающей породы сосна, составом 10С и типом лесорастительных условий сухой и очень сухой бор, средний возраст 40 лет. Таким образом, зная интервалы и среднее значения индекса NDVI, есть возможность предварительного определения характеристик древостоя. Наблюдается линейная зависимость между возрастанием значений индекса NDVI и средним возрастом на интервал значений NDVI чистых хвойных насаждений.

Расчеты производились по данным повыделенной лесоустроительной сети и мультиспектральным космическим снимкам Канопус В за 2013 г. на территории заказника «Белый»

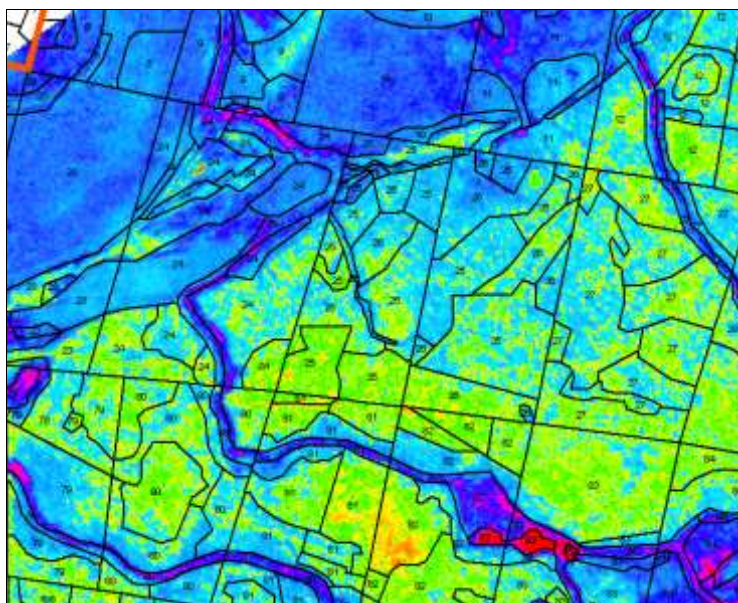


Рис.63 Карта NDVI с наложением повыделенной информации. Заказник «Белый»

Таблица 11

Значения индекса NDVI для хвойных и смешанных насаждений Республики Коми.

| Значение индекса NDVI | Преобладающая порода | Предполагаемый состав | Тип Лесорастительных условий | Возраст, лет средний | Порода преобл. | Доля хвойных |
|-----------------------|--|--|---|----------------------|----------------|--------------|
| 0,2-0,3 | Сосна (100%) | 10С | Очень сухой бор, Сухой бор | 40 | хвойные | 1 |
| 0,3-0,4 | Сосна (100%) | 10С | Сухой бор | 57 | хвойный | 1 |
| 0,40-0,44 | Сосна (единично Ель) | 10С, 9С1Б,8С2Б | Сырая суборь,влажная суборь, заболоченная суборь | 85 | хвойные | 1 |
| 0,45-0,5 | Сосна (75%) Ель (25%) | 10Е, 7ЕЗБ,8Е1Б1С, 10С, 9С1Е | Влажная суборь,Заболоченная суборь,Сырая суборь | 107 | хвойные | 1 |
| 0,5-0,54 | Сосна (60%), Ель (35%) Б(5%) | 7Е ЗБ. 7Е 2Б 1С, 6С 2Б 2Е, 6Е 2Б 2С, 5Е 3С 2Б, 10С, 10Б + Ос + ИВД | Влажная суборь, Заболоченная суборь, Сырая суборь | 100 | хвойные | 0,95 |
| 0,55-0,6 | Сосна(32%), Ель(32%), Береза (36%) | 5Б 5Е, 4Е 3Б 3С, 6Е 4Б, 7Б 3Е,8Е 2Б,9С 1Б | Влажная суборь , сырая суборь | 87 | хвойные | 0,64 |
| 0,6-0,7 | Береза (57%),Ель(13%), Ос (8%). Сосна(22%) | 7Б 3Е, 8Б 2Е, 9Б 1Е, 5С 3Б 2Е, 10Б | Влажная сложная суборь, влажная суборь | 66 | лиственные | 0,35 |

Выводы и рекомендации

В представленной работе были рассмотрены различные методы выявления изменений (мониторинга) средствами ДДЗ, в частности средствами космической съемки. Можно сделать вывод о том, что применение космических снимков в сочетании с различными способами их обработки и визуализации является эффективным методом мониторинга. Важной составляющей оперативного мониторинга является регулярное получение актуальных космических снимков, подходящих для конкретных целей мониторинга.

При наличии возможности получения актуальных данных ДЗЗ можно, исходя из рассмотренных в данной работе методик и способов обработки данных ДЗЗ, рекомендовать следующую последовательность работ по мониторингу комплексных заказчиков Бельи и Белоборский:

1 Этап. Определение границ заказчиков. Изучение существующих средне и крупномасштабных топографических карт.

2. Определение необходимых данных ДЗЗ в соответствии с решаемой задачей (оперативные или архивные данные), загрузка в специализированное ПО (н-р ArcGis, Erdas Imagine или бесплатные аналоги).

3. Обработка данных ДЗЗ (если данные не обработаны поставщиком данных ДЗЗ.)

4. Изучение различных комбинаций каналов (в случае использования спектральных снимков) средствами специализированного ПО, первичное выявление возможных изменений. Создание мультитременного композита. Фиксация изменений (описание выявленного объекта\явления, координата), принятие решения для полевого обследования объекта.

5. Изучение карты NDVI (предварительно созданной для данного снимка). Выявление прироста, заболачивания, восстановление лесосек. Принятие решения полевого исследования в случае выявления негативного изменения. Создание карты изменений.

6. Изучение снимков сверхвысокого разрешения, с целью детального изучения объектов выявленных в пунктах 4,5.

7. Изучение спектральной библиотеки значений пикселей для определения типа объекта. (определения характеристик древостоя).

8. Проведение классификации, составление легенды. компоновка карты. Предоставление отчета.

9. Ведение базы данных. Создание векторных слоев. Выявленных объектов.

Результаты полученные в рамках отдельных экологических работ и представленные в виде отчетов, локальных картографических проектов, баз данных или ГИС, является малоэффективной с точки зрения основных принципов мониторинга – непрерывного накопления и использования информации.

Необходимы условия, которые могли бы позволить: 1) систематизировать и обобщать результаты таких работ; 2) эффективно представлять информацию с возможностью ее анализа и использования; 3) определять направления развития экологического мониторинга в регионе.

Результаты, полученные на основе обработки и анализа данных ДЗЗ в Республике Коми в части мониторинга особо охраняемых природных территорий, как и другие результаты экологических исследований, должны систематизироваться и накапливаться на уровне единой региональной геоинформационной системы, обрабатываться и быть доступными в любое время для заинтересованных пользователей.

Для решения данных задач в настоящее время в республике существуют определенные предпосылки.

Распоряжением Правительства РК N 448-р от 12.10.2012 г. была утверждена Концепция создания и развития инфраструктуры пространственных данных Республики Коми, которой определены основные организационные и технологические аспекты, а также основные направления развития инфраструктуры пространственных данных (ИПД) в республике. Функцию оператора ИПД РК выполняет Государственное бюджетное учреждение Республики Коми «Территориальный фонд информации по природным ресурсам и охране окружающей среды Республики Коми».

Основным инструментом ИПД является Геопортал РК, представляющий собой комплекс картографических онлайн-сервисов, обеспечивающий доступ заинтересованным пользователям к региональным ресурсам пространственных данных посредством информационно-телекоммуникационной сети Правительства РК и глобальной сети Интернет. Применяемые при создании Геопортала ГИС-технологии позволяют управлять распределенной пространственной, количественной и качественной информацией как общим информационным ресурсом, предоставлять аналитический сервис, обеспечивать оперативный поиск данных и обмен информации для неограниченного числа пользователей. В качестве программной платформы Геопортала РК используется программное обеспечение ArcGIS Server компании ESRI (США), отличающееся широким набором функциональных возможностей анализа и обработки данных, поддержкой различных форматов. Геопортал ориентирован на решение широкого комплекса отраслевых задач министерств и ведомств, информационное обеспечение основных направлений хозяйственной деятельности региона, создание общественно доступной коммуникативной среды по проблемам качества жизни и состояния окружающей среды.

В связи с вышесказанным очевидна необходимость и перспектива развития полноценной ГИС экологического мониторинга в рамках специализированного сервиса Геопортала РК. Система мониторинга может быть интегрирована с существующей в настоящее время автоматизированной системой Минприроды РК по ведению кадастра ООПТ РК и включать следующие компоненты:

- Картографический вьювер Геопортала РК, включающий базовые функции по отображению и обработке пространственных данных;
- Картографическая основа на территорию Республики Коми масштаба 1:1000 000 – 1: 200 000;
- Крупномасштабные карты на территории ООПТ РК с возможностью представления;
- база данных кадастра ООПТ РК;
- спутниковые изображения различного масштаба на территории ООПТ РК;
- тематические слои, включающие результаты дешифрирования и классификации данных ДЗЗ;
- база данных системы экологического мониторинга, включающая функции удаленного ввода и хранения информации, обработки и анализа экологических показателей, построения графиков и др.

Созданный сервис по экологическому мониторингу в системе Геопортала РК сможет удовлетворять дополнительно потребности в различных отраслевых сферах. Особенностью сервиса также должна быть доступность информации для общественности, возможность организации обратной связи между региональными и муниципальными властями, бизнесом, заинтересованными гражданами.

Список литературы

1. Лабутина, И.А., Балдина, Е.А. Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга экосистем ООПТ [Текст] / И.А. Лабутина, Е.А. Балдина. – М. : WWF России, 2011. – 90 с.
2. Данные дистанционного зондирования Земли. Обработка данных ДЗЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mapexpert.com.ua>. – Загл. с экрана.
3. Классификатор тематических задач оценки природных ресурсов и окружающей среды, решаемых с использованием материалов ДЗЗ. [Текст] : Редакция 7. – Иркутск : ООО «Байкальский центр», ООО Инженерно-технологический Центр «СканЭкс», 2008 - 130 с.
4. База топографических карт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.afanas.ru/mapbase/help>. – Загл. с экрана.
5. U.S. Geological Survey [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.usgs.gov/>. – Загл. с экрана.
6. Геопортал космических снимков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://геопортал.ntsomz.ru/>. – Загл. с экрана.
7. Веб-картография и навигация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sasgis.ru/sasplaneta/>. – Загл. с экрана.
8. Институт Космических Исследований [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iki.rssi.ru/>. – Загл. с экрана.
9. USGS Digital Spectral Library [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://speclab.cr.usgs.gov/spectral-lib.html/>. – Загл. с экрана.
10. Intergraph [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://geospatial.intergraph.com/>. – Загл. с экрана.
11. Exelis. Visual Information Solutions. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.exelisvis.com/Company/Mission,VisionValues.aspx/>. – Загл. с экрана.
12. MultiSpec. Программа для обработки многозональных снимков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dynamo.ecn.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/>. – Загл. с экрана.
13. Esri. Распространение геоинформационных технологий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.esri.com/>. – Загл. с экрана.
14. Сухих, В.И. Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве [Текст] / В.И. Сухих. – Йошкар-Ола.: МарГТУ, 2005. – 392 с.
15. Интерпретация комбинаций каналов данных Landsat TM / ETM+ " [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gis-lab.info/>. – Загл. с экрана.
16. Свободная энциклопедия "Википедия" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/>. – Загл. с экрана.
17. Ведущие каталоги ДДЗ: оптимальный доступ к данным для коммерческих проектов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.scanex.ru/> – Загл. с экрана.

ПРИЛОЖЕНИЕ 16
ОСНОВЫ РАБОТЫ С ПРОГРАММОЙ QGIS

Введение

Географическая информационная система (ГИС) представляет собой пакет программного обеспечения, предназначенный для создания, визуализации, поиска и анализа пространственных данных. Пространственные данные относятся к информации о географическом положении объекта. Зачастую это предполагает использование географических координат, таких как широта и долгота. Наряду с термином «пространственные данные» часто используются другие термины, например: географические данные, ГИС-данные, картографические данные, данные о местоположении, данные о координатах и данные о пространственной геометрии.

Круг задач приложений для работы с пространственными данными достаточно широк. Производство карт наиболее простая для понимания функция геоинформационных приложений. Картографические программы выводят пространственные данные в пригодном для просмотра на экране или распечатки виде. Приложения могут представлять данные в виде статических (простое изображение) или динамических карт, которые предназначены для просмотра посредством настольного приложения или на веб-странице. Многие люди ошибочно полагают, что геоинформационные системы просто создают карты, но анализ пространственных данных – другая важнейшая задача геоинформационных систем.

Примерами подобного анализа могут быть вычисления:

- расстояний между географическими объектами;
- площадей (например, в квадратных метрах) определённой территории;
- количества пересечений одних географических объектов другими;
- площадей перекрытия объектов;
- количества объектов в пределах определённого расстояния от заданной точки и т.д.

Эти функции кажутся очень простыми, однако, они применяются в самых различных направлениях многих областей науки. Результаты анализа могут быть показаны на карте, но зачастую оформляются в виде отчётов для поддержки принятия управленческих решений. Последние события в сфере услуг на основе определения местоположения предвещают появление новых возможностей, основанных на комбинировании функций карт и анализа. Например, у вас есть телефон, который отслеживает своё местоположение. При наличии соответствующего программного обеспечения, телефон может подсказать вам, какие рестораны находятся в пределах пешей досягаемости. Подобные прикладные реализации геоинформационных технологий по существу выполняют анализ пространственных данных и вывод результатов в удобной для пользователя форме.

Установка QGIS и GRASS под Windows

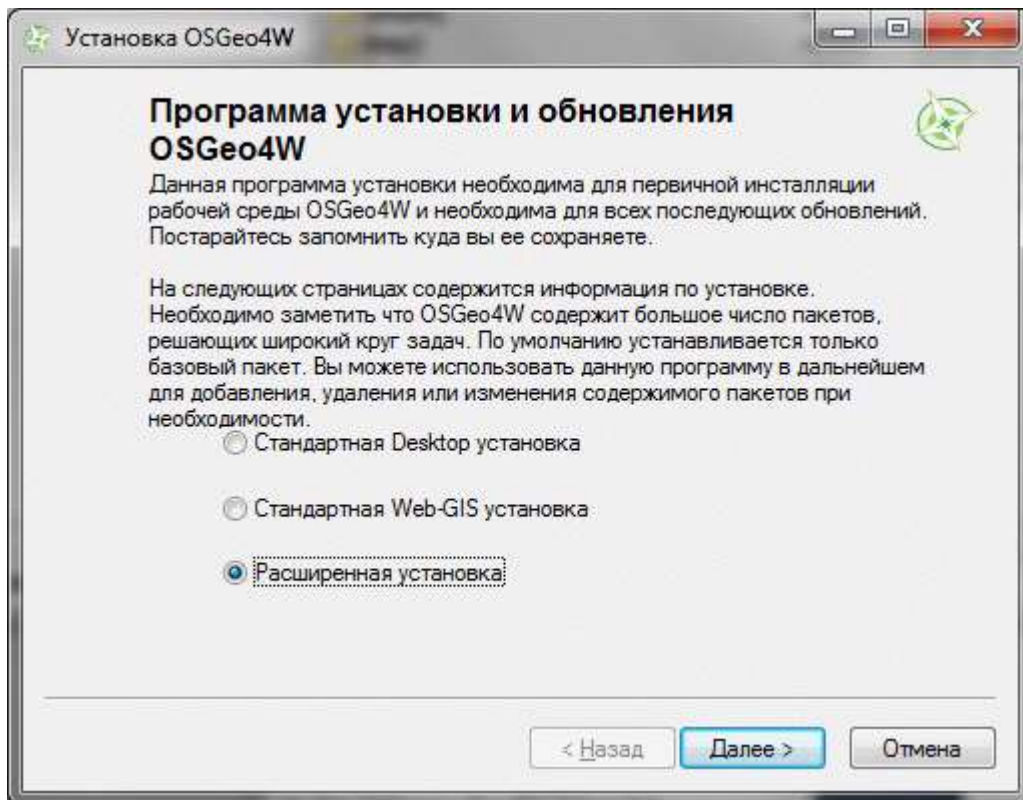
Одним из настоящих способов начать работу с бесплатными настольными ГИС - QGIS и GRASS под Windows, является ее установка с помощью OSGeo4W.

OSGeo4W - специальный установщик, специально предназначенный для установки ПО для работы с пространственными данными, часто имеющих много разнообразных зависимостей (связанных программ). Помимо QGIS, с помощью него можно установить GDAL/OGR, MapServer и многое другое

Получение и запуск установщика OSGeo4W

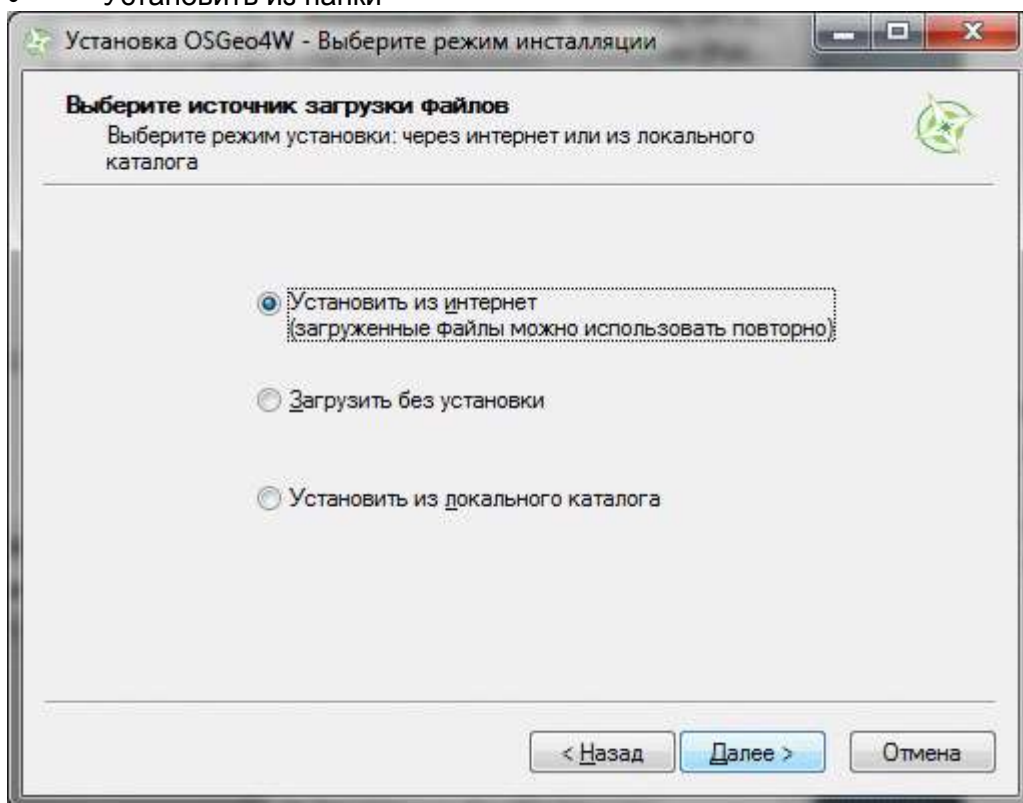
Для начала работы необходимо загрузить [последнюю версию OSGeo4W Installer](#).

Установки OSGeo4W, как таковой не понадобится, все что нужно, просто запустить osgeo4w-setup.exe. В появившемся окне нужно выбрать Advanced Install и нажать Next.

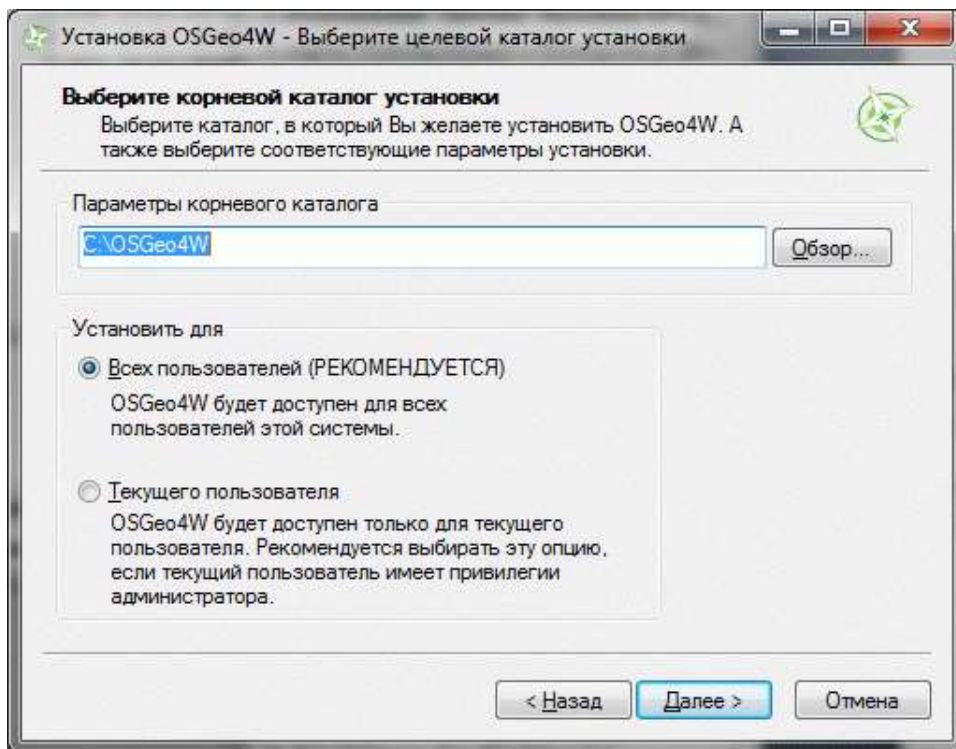


На следующей странице нужно выбрать метод установки. Доступны следующие варианты:

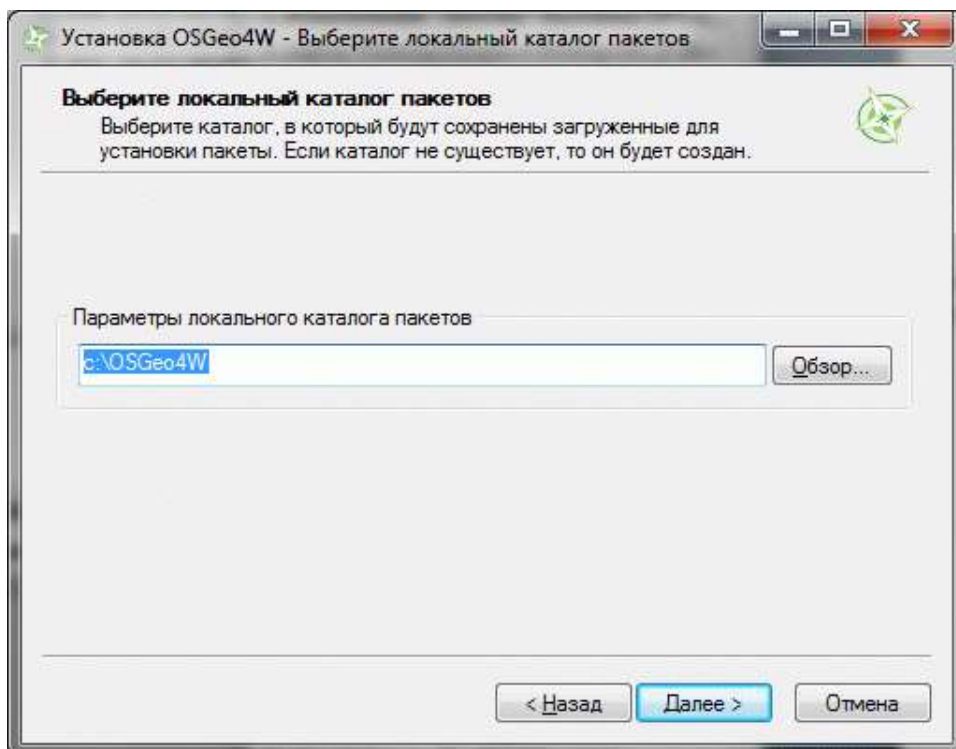
- Install from Internet - загрузить и установить из интернет. Загружаемые пакеты будут сохранены для будущего использования
- Download without installing - загрузить без установки
- Установить из папки



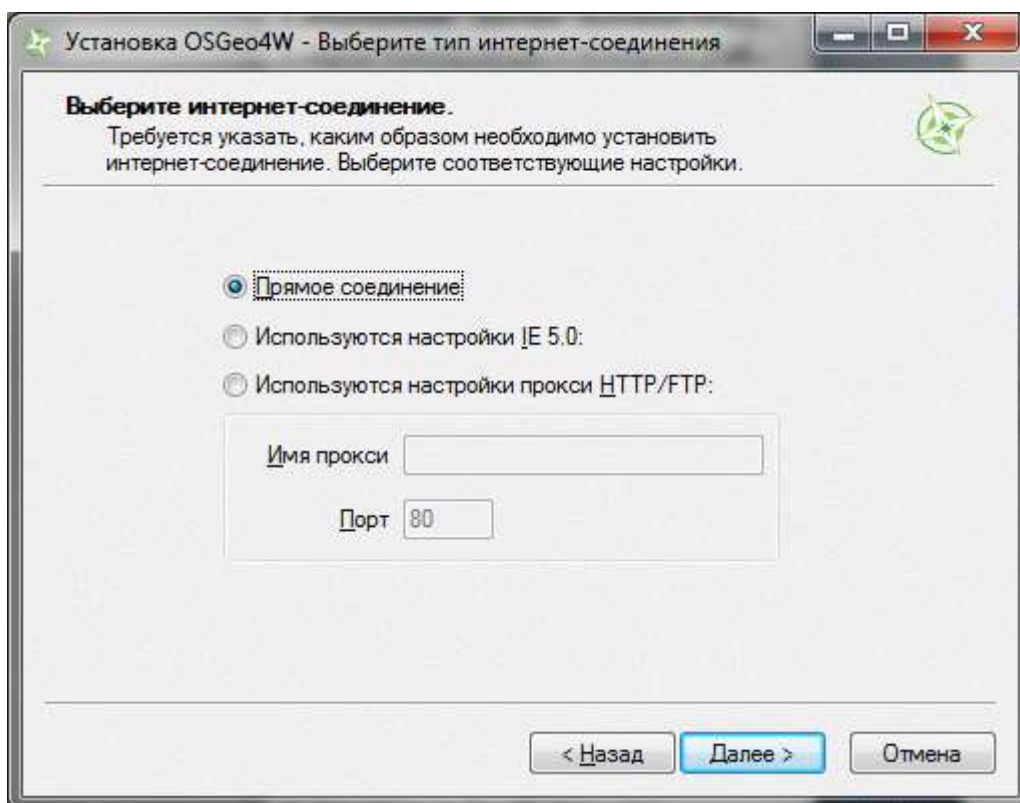
Выберем Install from Internet и нажмем Next. В следующем окне выберем, куда будет установлен OSGeo4W и соответственно все устанавливаемые с ним компоненты, лучше если это будет папка по-умолчанию, без пробелов и русских символов в названии, например C:\OSGeo4W



Далее будет предложено выбрать папку, куда будут сохранены загружаемые пакеты для установки. Лучше всего, если пакеты будут храниться в той же папке, куда будет установлен сам OSGeo4W, поэтому в качестве папки задаем что-то вроде: C:\OSGeo4W\downloads. Так как этой папки еще не существует, вводим ее вручную.

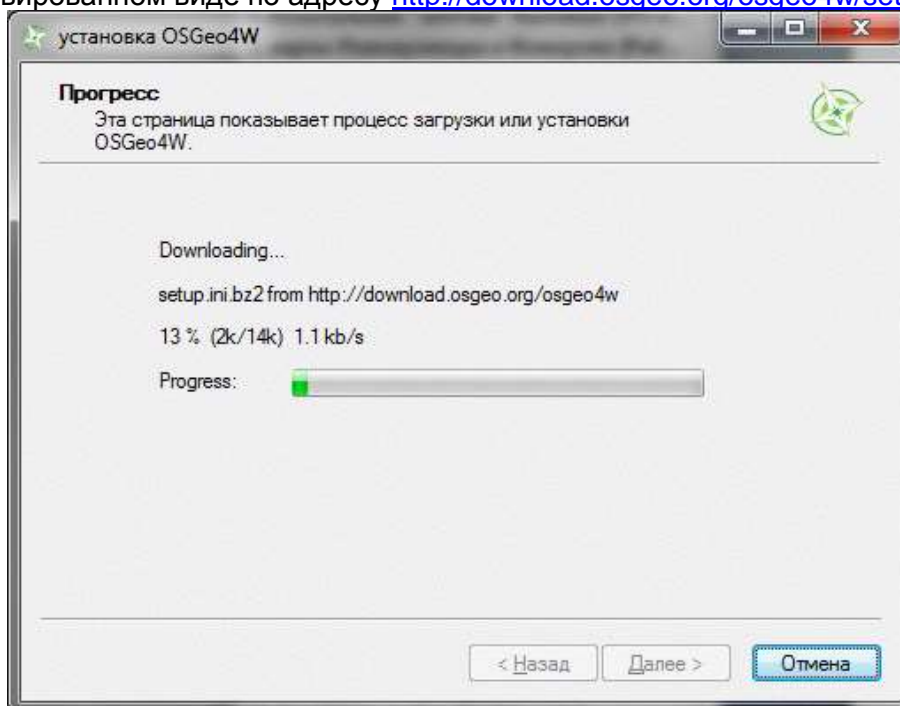


Нажимаем Next и в следующем окне выбираем один из способов подключения к интернет, по умолчанию Direct Connection. Если вы находитесь за прокси, здесь можно ввести его параметры.



Выбор и установка пакетов

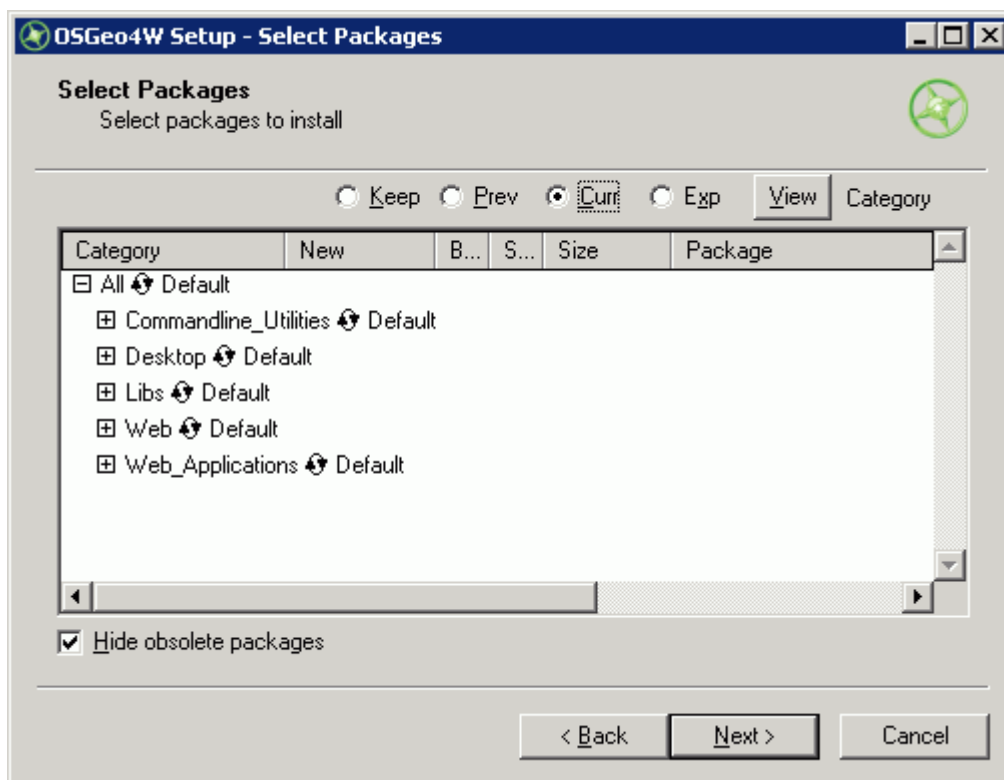
После нажатия Next будет загружен список доступных пакетов и содержащий информацию об их взаимосвязях. Эта информация хранится в файле setup.ini, хранящемся в архивированном виде по адресу <http://download.osgeo.org/osgeo4w/setup.ini.bz2>



Примечание:

Если Вы получили сообщение об ошибке:
Невозможно получить setup.ini из <http://download.osgeo.org/osgeo4w>
Попробуйте временно отключить брандмауэр (firewall) Windows (Пуск\Панель управления\Брандмауэр).

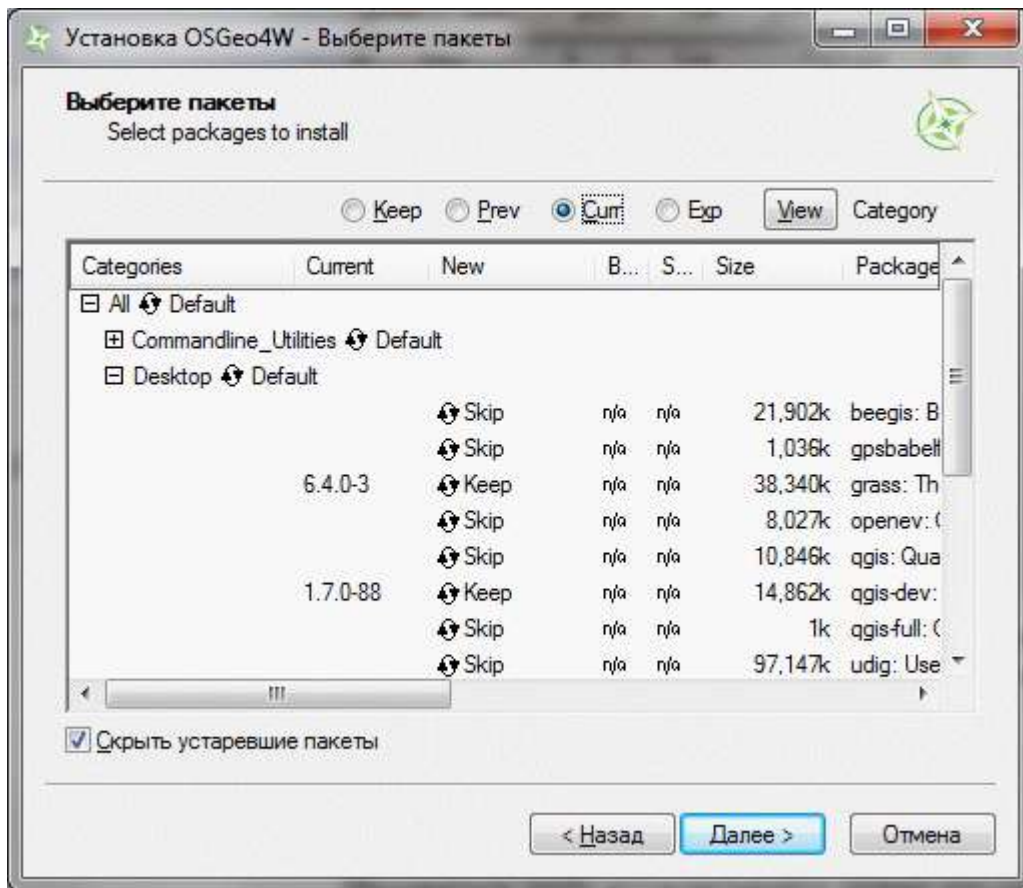
Если все прошло нормально, после загрузки установщик перейдет в состояние выбора пакетов. Выбор пакетов осуществляется из Cудwin-подобного дерева пакетов, при этом выбор одного из них, автоматически включает необходимые зависимости, без которых этот пакет не сможет работать, что очень удобно.



Для установки какого-либо компонента нужно найти его в дереве и нажать на круговую стрелку до тех пор пока надпись Skip не изменится на название пакета. **Важно: не нажимайте на кнопку Default у названия группы компонентов! Это приведет к установке многочисленных пакетов, которые не имеют отношения к QGIS**

☒ Desktop ⚙ Default -> ☒ Desktop ⚙ Install

Это приведет к переключению Default на Install и установке всех компонентов из группы, а этого в нашем случае делать не нужно. Необходимо сначала раскрыть группу, а потом установить некоторые из ее компонентов, перечисленные ниже. Например:



Для полной установки QGIS/GRASS, выберем следующие компоненты (версии могут отличаться от показанных на иллюстрации), при выборе некоторых из них, будут автоматически включаться и другие модули (зависимости), это нормально, выключать их не нужно:

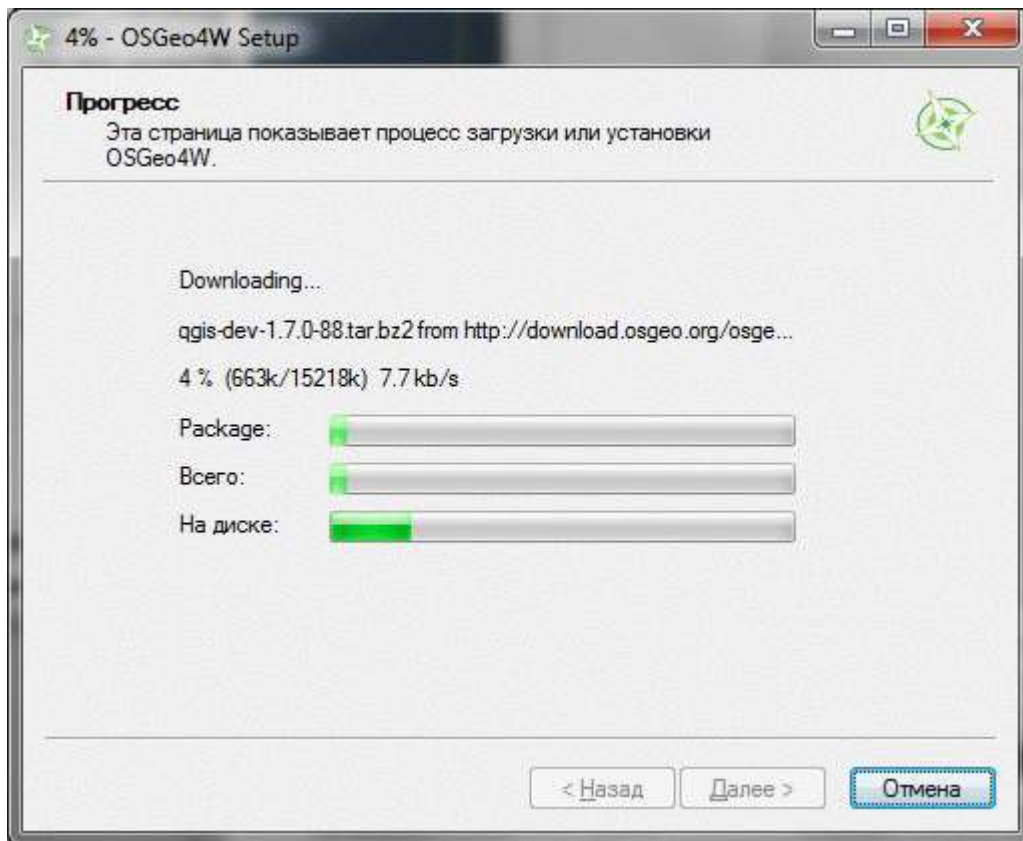
Desktop: qgis-dev (обновляется ежедневно, т.н. ночные сборки)

Libs: gdal-python

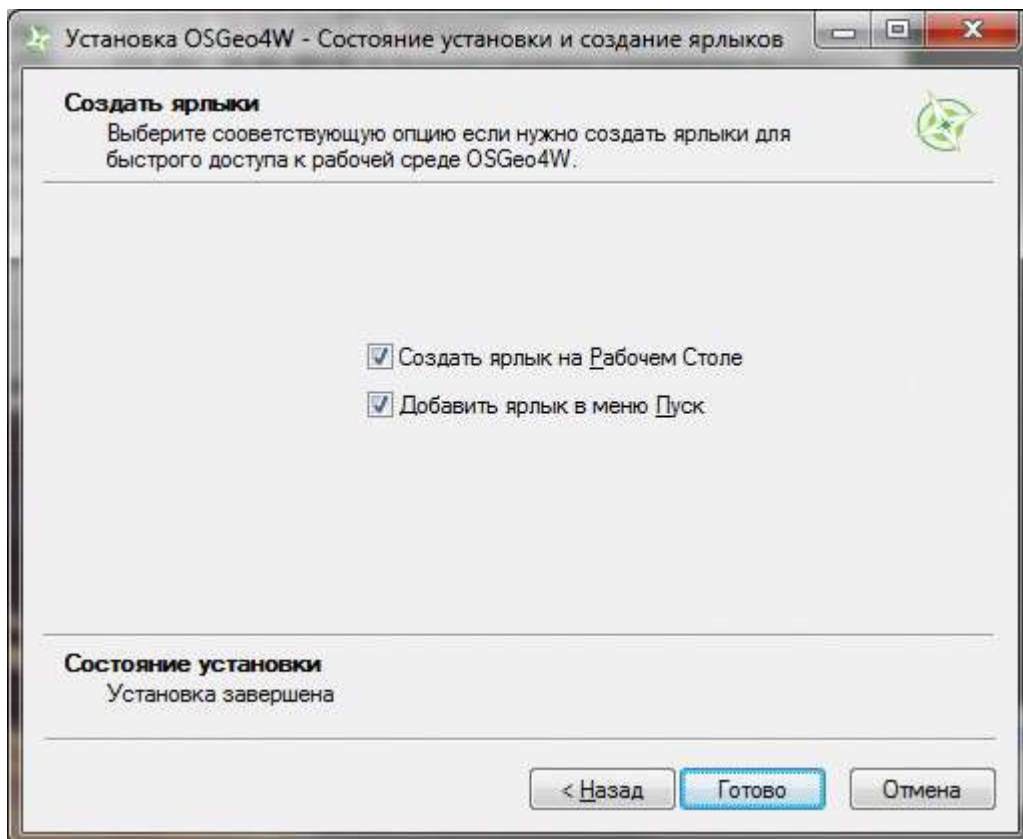
Внимание: если вы только начинаете пользоваться QGIS, устанавливайте только эти пакеты, других пакетов пока включать не нужно. Окно программы должно выглядеть именно так как на иллюстрации выше, только цифры в колонке Current будут немного другими.

Нажимаем Next.

OSGeo4W автоматически загрузит и установит те пакеты, которые мы выбрали и все связанные с ними (таким образом загружено будет больше пакетов, чем было выбрано).



После окончания установки будет предложено создать ярлыки на рабочем столе и меню Пуск Windows. Если в составе пакетов был выбран и QGIS/GRASS, то соответствующий ярлык будет установлен и для него в группу OSGeo4W.



Другой способ запуска установленного QGIS: запуск OSGeo4W Shell и команда `qgis`.

В дальнейшем, при использовании некоторых модулей расширения, может потребоваться доустановить определенные пакеты, например `matplotlib` для [statist.html Statist] или обновить установленные. Для этого нужно будет просто еще раз запустить OSGeo4W и дополнительно выбрать не отмеченные в первый раз модули (например `matplotlib`), все остальные, уже установленные модули обновятся автоматически если это необходимо.

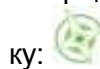
Запуск установленного ПО

QGIS: Пуск\Программы\OSGeo4W\QGIS или иконка 

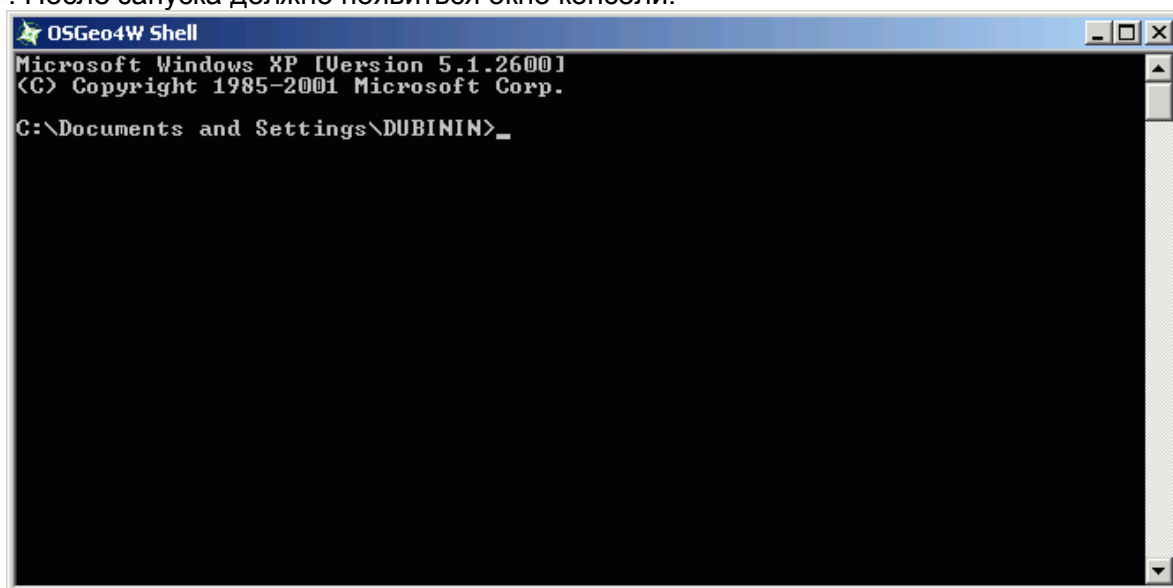
GRASS: Пуск\Программы\OSGeo4W\GRASS GIS\ и один из интерфейсов или иконка



Для запуска инструментов GDAL нужно использовать среду OSGeo4W. Для запуска среды, выберите из меню Пуск\Программы\OSGeo4W\ пункт OSGeo4W Shell или иконка



ку: . После запуска должно появиться окно консоли:



Из этой среды можно запустить:

- QGIS - введите `qgis` (релиз) или `qgis-dev` (версия для разработчиков)
- GRASS - введите `grass64`
- Утилиты GDAL/OGR - вводите названия утилит, `ogr2ogr`, `gdal_merge`, `gdalinfo`, и т.п.

Удаление

При возникновении проблем с QGIS, если другие способы их решения не помогли, рекомендуется произвести чистую переустановку, предварительно полностью удалив QGIS. Для удаления уже установленного QGIS следует:

1. Удалить папку OSGeo4W.
2. Удалить ветку настроек QGIS из реестра Windows (Пуск\Запуск\regedit.exe).

Обычно она хранится в разделе HKEY_USERS, например: HKEY_USERS\S-1-5-[тут длинный набор цифр]\Software\QuantumGIS

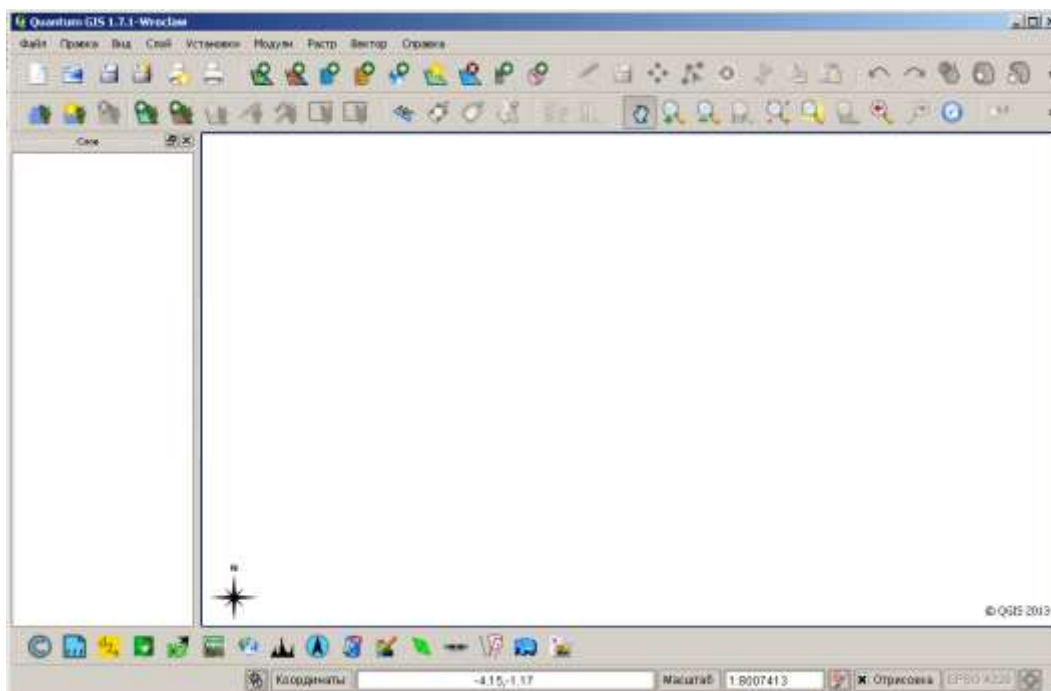
3. Удалить папку с расширениями и другими настройками: C:\Documents and Settings\USERNAME\.qgis (в Windows 7 C:\Users\USERNAME\.qgis), где USERNAME - имя под которым вы входите в систему.

Знакомство с QGIS

Графический интерфейс пользователя разделяется на шесть основных областей, которые перечислены ниже и отмечены соответствующими номерами на рисунке. Внешний вид элементов интерфейса (заголовки окон и т.п.) может отличаться, в зависимости от операционной системы и менеджера окон.

Интерфейс QGIS разделяется на пять областей:

1. Главное меню
2. Панель инструментов
3. Легенда
4. Область карты
5. Строка состояния



1. Главное меню

Главное меню предоставляет доступ ко всем возможностям QGIS в виде стандартного иерархического меню. Ниже показаны меню верхнего уровня и краткое описание их содержимого, а также значки соответствующих им инструментов по мере их появления на панели инструментов и комбинации клавиш клавиатуры. Комбинации клавиш можно изменить (перечисляемые в этом разделе комбинации используются по умолчанию) вызвав диалог настройки из меню Установки. Несмотря на то, что большинству пунктов меню соответствует свой инструмент, и наоборот, меню и панели инструментов организованы по-разному. Панель инструментов, в которой находится инструмент, показана после каждого пункта меню в виде флажка. Дополнительную информацию об инструментах и панелях инструментов можно найти в разделе

2. Панель инструментов

Панели инструментов обеспечивают доступ к большинству тех же функций, что и меню, а также содержат дополнительные инструменты для работы с картой. Для каждого пункта панели инструментов также доступна всплывающая подсказка. Для её получения просто задержите мышью над пунктом панели инструментов. Каждую панель инструментов можно перемещать в зависимости от ваших потребностей. Кроме того, каждую панель инструментов можно скрыть при помощи контекстного меню, которое вызывается щелчком правой кнопкой мыши на соответствующей панели

3. Легенда

Область легенды содержит список всех слоёв проекта. Флажок у каждого элемента легенды используется для показа или сокрытия слоя. Выделенный слой можно перетаскивать выше или ниже других слоёв, меняя их порядок расположения. Порядок расположения слоёв означает, что слои находящиеся ближе к верхней части легенды, отрисовываются в окне карты над слоями, перечисленными в легенде ниже. Слои можно объединять в группы. Это можно сделать следующими способами:

- Поместите курсор мыши в окне легенды карты, щёлкните правой кнопкой мыши и выберите пункт Добавить группу. Введите название группы и нажмите Enter. Теперь можно выделить слой и перетащить его на значок группы.
- Выберите несколько слоёв, вызовите контекстное меню и выберите Сгруппировать выделенное.

Выделенные ранее слои будут автоматически помещены в новую группу. Исключить слой из группы можно перетащив его из группы на свободное место в области легенды, или выбрав пункт. Сделать элементом первого уровня в контекстном меню слоя. Группы могут быть вложенными. Флажок возле имени группы даёт возможность переключать видимость всех слоёв в группе одним действием.

Содержание контекстного меню, доступного при нажатии правой кнопки мыши на слое, зависит от того, на каком слое в окне легенды вы нажали правой кнопкой растровом или векторном.

4. Область карты

Это наиболее важная часть QGIS в этой области отображаются карты. Карта, отображаемая в области, зависит от того, какие векторные и растровые слои загружены в QGIS (см. соответствующие разделы). Данные в окне карты можно панорамировать (прокручивать, смещать фокус отображения карты на другую область) и масштабировать (увеличивать или уменьшать). Также с картой можно выполнять многие другие операции, которые перечислены выше в описаниях меню и панелей инструментов. Область карты и легенда тесно связаны друг с другом карта отображает изменения, вносимые в легенде. Для панорамирования (прокрутки) карты можно пользоваться клавишами со стрелками. Поместите курсор мыши внутри области карты, нажмите клавишу вправо для панорамирования на восток, влево для панорамирования на запад, вверх для панорамирования на север и вниз для панорамирования на юг. Также можно панорамировать карту используя клавишу пробел: просто передвигайте курсор, удерживая нажатой клавишу пробел.

4. Строка состояния



Строка состояния отображает текущую позицию в координатах карты (например, в метрах или десятичных градусах) курсора мыши при его перемещении в окне карты. Слева от отображаемых координат в строке состояния, находится маленькая кнопка, которая позволяет переключаться между отображением координат позиции курсора и координат границ вывода карты при масштабировании и панорамировании. Рядом с полем отображения координат курсора показывается масштаб карты. При масштабировании это значение меняется автоматически. Начиная с QGIS 1.8 масштаб можно выбирать из списка предустановленных значений от 1:500 до 1:1000000.

Индикатор выполнения в строке состояния, отображает процесс отрисовки (рендеринга) каждого слоя в окне карты. В некоторых случаях, таких, как подсчёт статистики в растровых слоях, индикатор состояния используется для отображения статуса длительных операций.

В случае, если будет доступен новый модуль или обновление для существующего модуля, в строке состояния появится новое сообщение. Справа в строке состояния, находится маленький флажок, который используется для временного прекращения отрисовки

слоев в окне карты. Нажатием на кнопку можно немедленно прекратить отрисовку карты. Последним справа в строке состояния находится код EPSG текущей системы координат и значок Преобразования координат. Нажатие на этом значке открывает окно свойств текущего проекта с активной вкладкой Система координат.

При запуске QGIS, единицами измерения по умолчанию являются градусы, и предполагается, что любые координаты в ваших слоях также заданы в градусах. Для получения правильных значений масштаба, можно вручную изменить единицы слоя на метры на вкладке Общие пункта меню

Установки

Свойства проекта, либо выбрать систему координат (CRS) нажатием на значке

Преобразование координат в правом нижнем углу строки состояния. В последнем случае, единицы слоя будут установлены в соответствии с указанными в системе координат.

Задание проекции

QGIS создаёт новые проекты с использованием системы координат по умолчанию. Изначально используется система координат EPSG:4326 WGS84 (proj=longlat+ellps=WGS84+datum=WGS84+no_defs), это значение можно изменить, нажав кнопку [Выбрать] в первой группе настроек во вкладке Система координат. Указанное значение будет использоваться по всех последующих сеансах работы.

При загрузке в проект слоёв, не содержащих информации о проекции, необходимо иметь возможность контролировать и определять проекции таких слоёв. Проекция могут быть установлены глобально или на уровне проекта. Для выполнения этой операции перейдите во вкладку Система координат окна, открываемого через Редактирование > Параметры

Задание 1

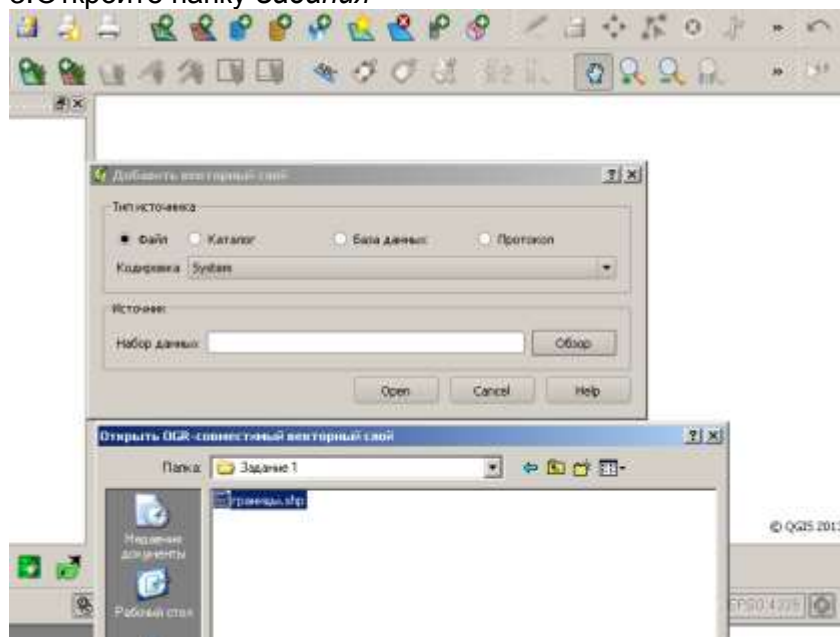
1. Запустите программу



2. На панели инструментов выберите кнопку *Добавить векторный слой*

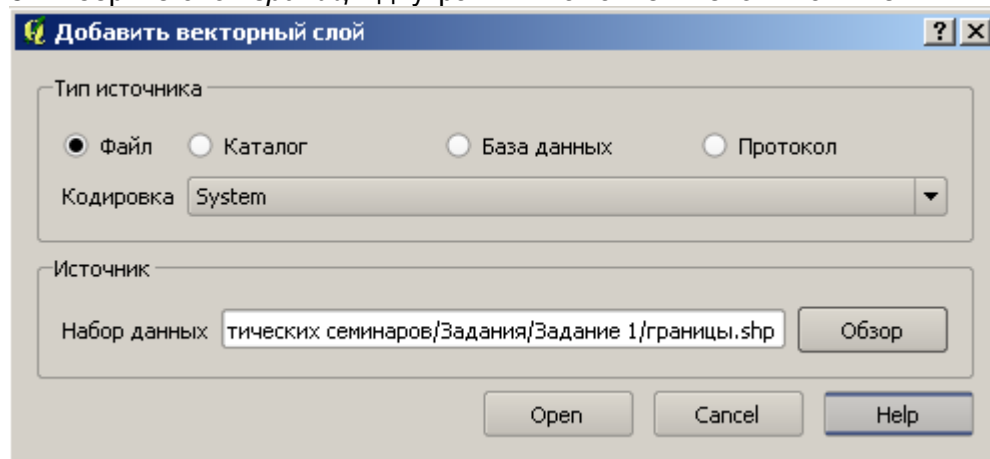


3. Откройте папку *Задания*



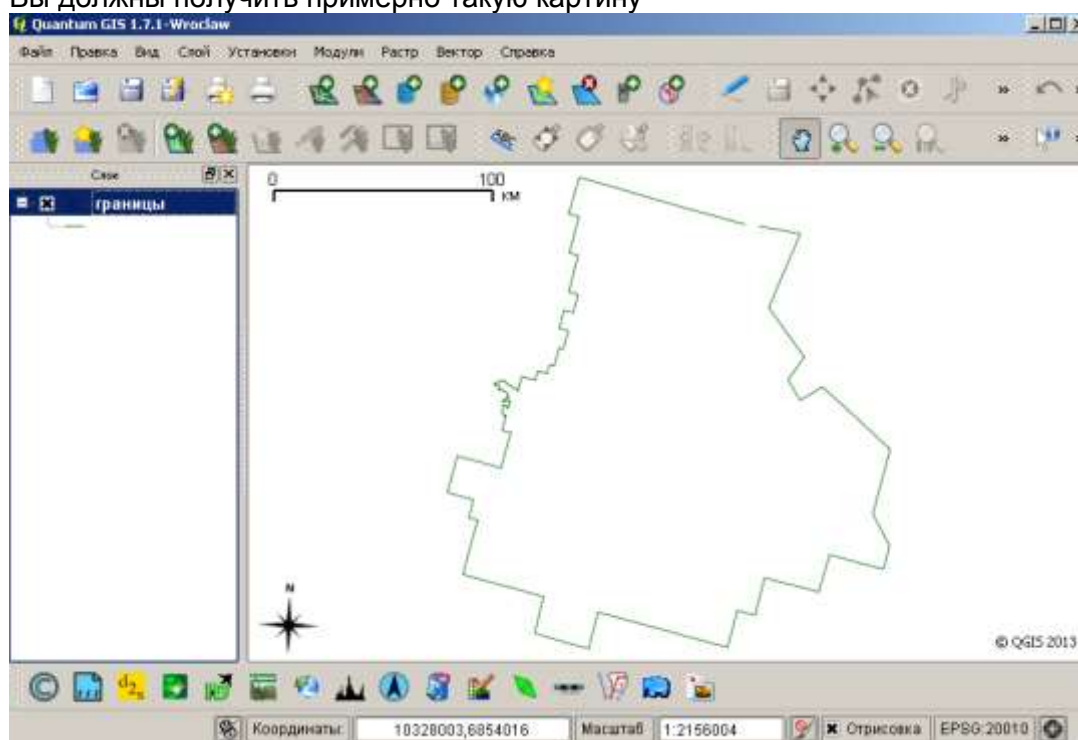
4. Откройте папку *Задание 1*

5. Выберите слой *границы* двукратным нажатием левой клавишей мыши



6. Нажмите *Открыть* (Open)

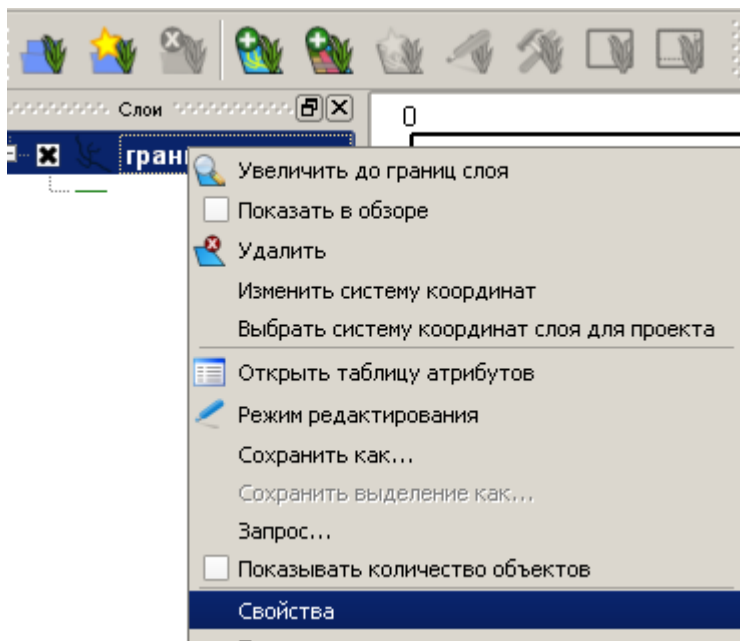
Вы должны получить примерно такую картину



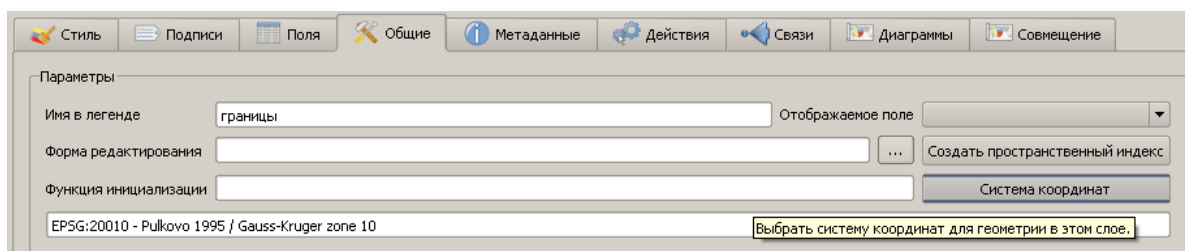
Примечание

Если объект появился в искаженном виде, то необходимо сделать следующие шаги:

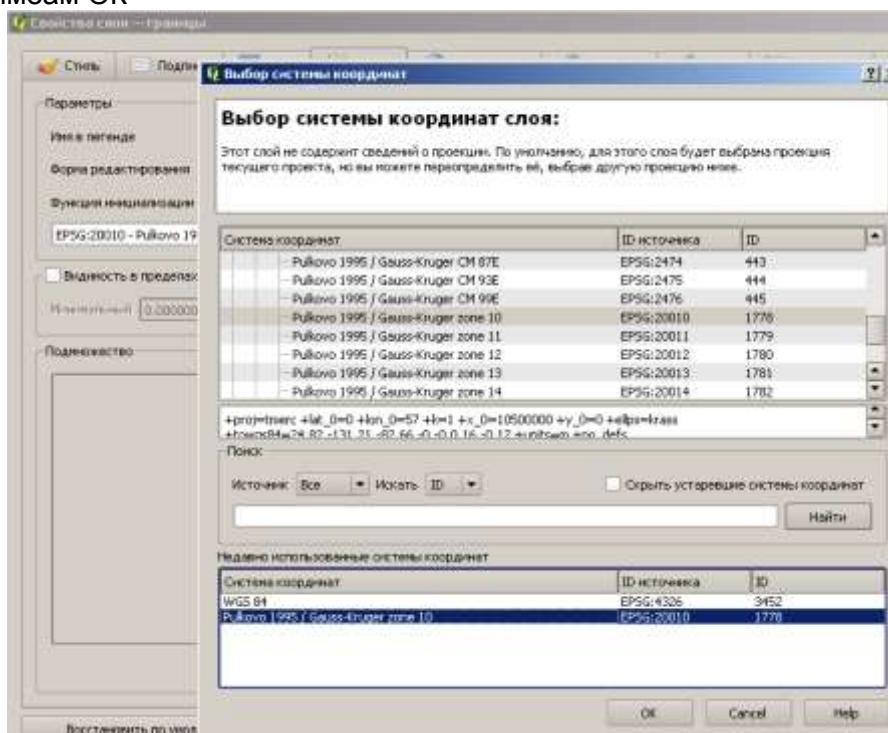
1. Навести курсор на слой *границы* в легенде и кликнуть по нему правой клавишей мыши
2. Выбрать пункт *Свойства*




3. Выбрать вкладку *Общие*
4. Нажать кнопку *Система координат*

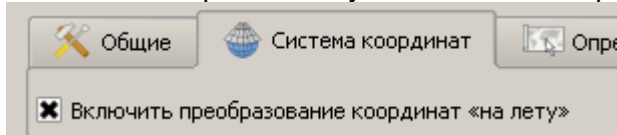


5. Выбрать систему координат Пулково 1995, проекцию Гаусс-Крюгера 10 зону, и нажимаем ОК

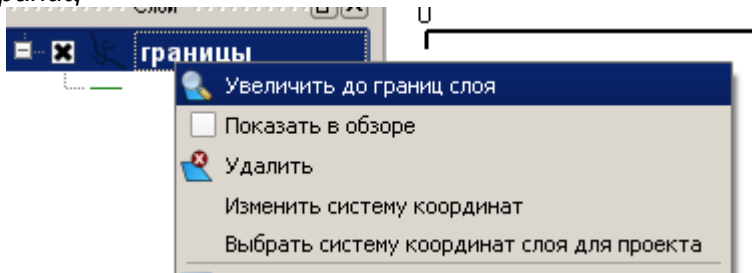



Гораздо удобнее, быстрее и правильнее необходимо сделать следующим образом:

1. Нажимаем на кнопку  которая находится в нижней правой части окна (Строка состояния)
2. Выбираем систему координат Пулково 1995, проекцию Гаусс-Крюгера 10 зону, при этом ставим флажок в пункте *Включить преобразование координат «на лету»*



3. Правой клавишей нажимаем по слою границы и выбираем *Увеличить до слоя границ*




Сохраните проект 

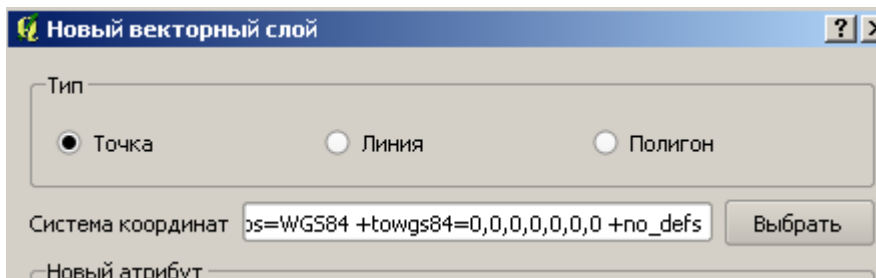
Работа с шейп-файлами

Создание нового шейп-файла и редактирование

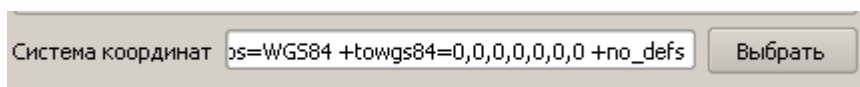
Задание 2

1. Для того чтобы создать новый файл, вам необходимо выбрать кнопку Создать новый шейп-файл на панели инструментов 

2. В пункте Тип, выберите тип файла (*В зависимости от какого объекта – либо это точечный объект, например машина, дом или просто точка с интересующими вас координатами, тогда в типе необходимо выбрать ТОЧКА. Если же вы работаете по линейным объектам – реки, ЛЭП, дороги и т.д., то необходимо выбрать тип ЛИНИЯ. Если же это какие-либо крупные объекты – полигоны, заказники, административные районы, то необходимо выбрать ПОЛИГОН*)



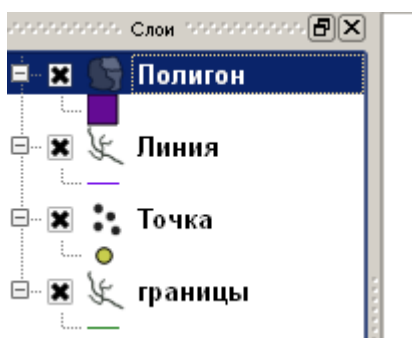
4. Выберите ему необходимую систему (координат Пулково 1995, проекцию Гаусс-Крюгера 10 зона)



С атрибутами поработаем позже, у нас сейчас идет отработка созданию слоев, поэтому нажимаем кнопку ОК



5. Укажите директорию, куда вы этот файл хотите сохранить (Папка 2)

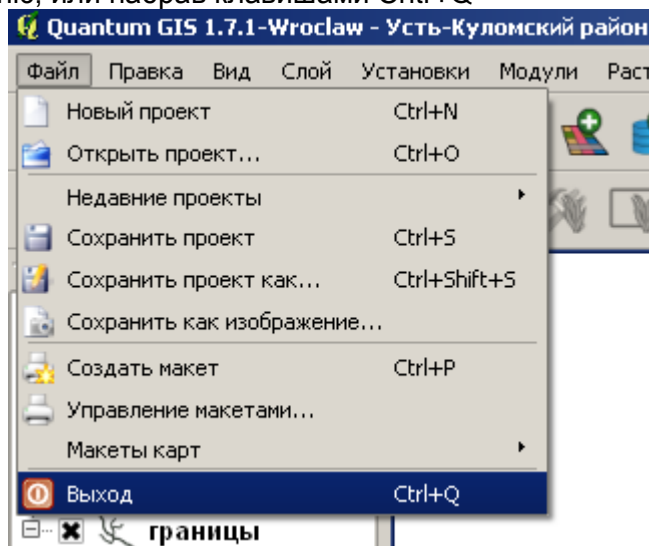
6. Таким образом создайте три слоя с разными типами геометрии, файлы сохраните в Папку 2 с названиями Точка, Линия и Полигон





Задание 3

Сохранение и открытие рабочего проекта

1. Сохраните проект, нажав кнопку  на панели инструментов
2. Проект сохраните в *Задание 3* под названием «Усть-Куломский район»
3. Закройте программу, нажав кнопку  в верхнем правом углу, или выбрать *Выход* в меню, или набрав клавишами Cntr+Q



Работа с объектами

QGIS предоставляет несколько инструментов для выбора объектов на карте. Чтобы выделить один или несколько объектов нажмите на кнопку  или 
Загрузите ранее сохраненный проект «Усть-Куломский район» из папки *Задание 3*


Примечание: для удобства работы, проекты необходимо расположить следующим образом – полигональные объекты располагать внизу легенды, а точечные сверху таким образом, чтобы очередность была следующая: точечные, линейные, полигональные.

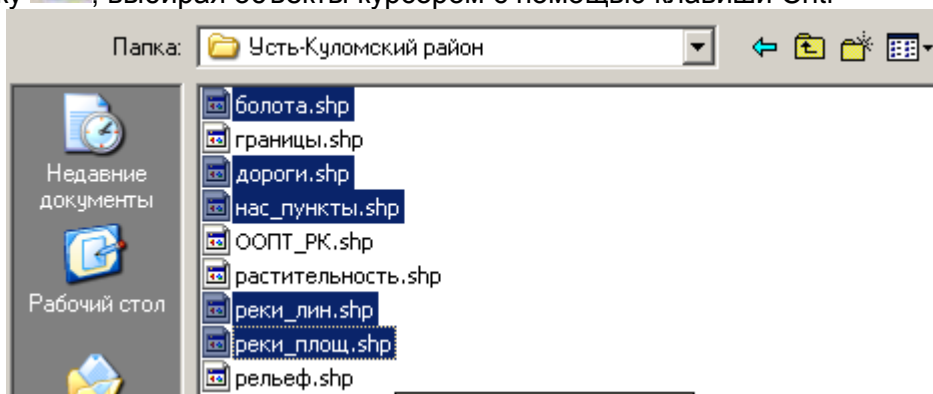
Таким же образом поступим и с нашим проектом, расположите полигональные слои внизу легенды, а точечные передвиньте вверх.

Для этого необходимо навести курсор на слой, и, удерживая нажатую левую клавишу мыши, перетаскивайте слой. Расположение слоев в легенде должно выглядеть следующим образом.

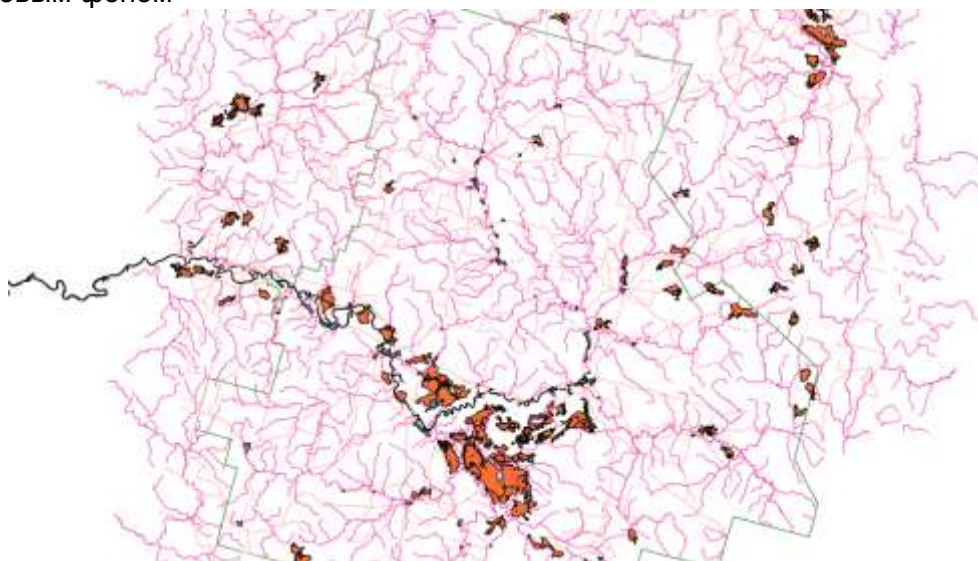


Добавьте к нашему рабочему проекту слои *нас_пункты*, *дороги*, *реки_лин*, *реки_площ*, *болота* из папки «Усть-Куломский район» через панель инструментов, нажав

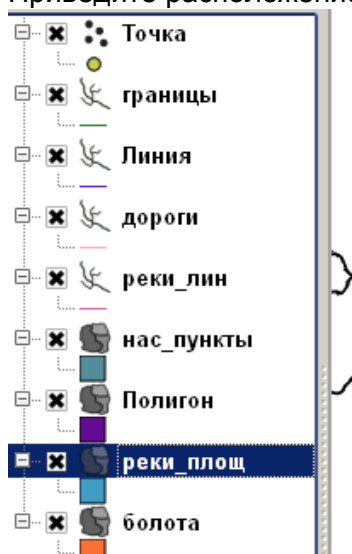
кнопку , выбирая объекты курсором с помощью клавиши Cntr



Вы должны получить примерно следующую картину, различаться они могут только цветовым фоном

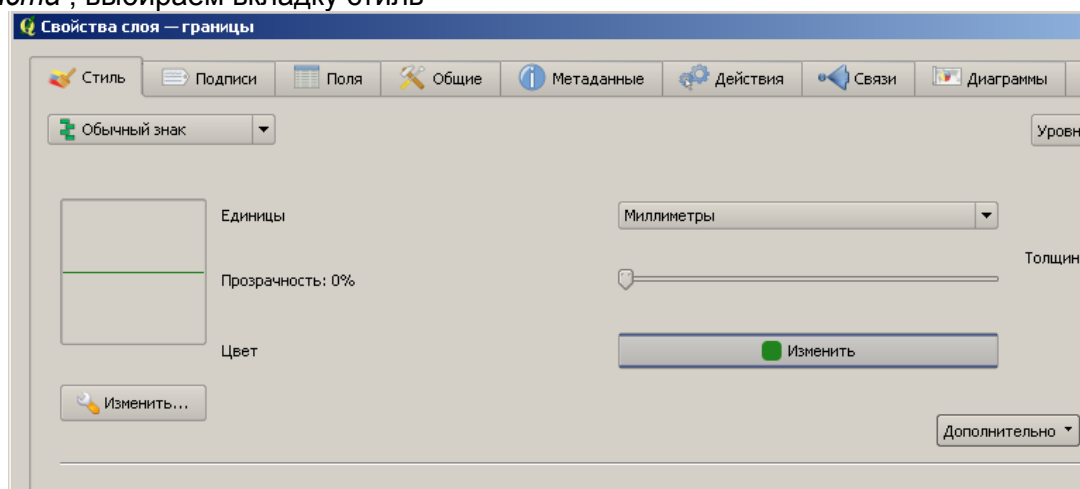


Приведите расположение слоев в легенде в оптимальный вид



Следующий этап – это приведение внешнего вида в более привычный вид, т.е. поработаем с цветовым фоном. Нам необходимо перекрасить слой *границы* в фиолетовый цвет, слой *дороги* в черный, слои *реки_лин* и *реки_площ* в голубой, *нас_руннты* в коричневый, *болота* в зеленый.

Для этого необходимо кликнуть по слою правой кнопкой мыши и выбрать пункт *Свойста*, выбираем вкладку *стиль*



Далее нажимаем кнопку *Изменить* выбираем цвет и нажимаем *ОК*



Можно подобрать цвет другим образом. Два раза кликаем левой кнопкой мыши по слою *дороги*, далее нажимаем *Изменить* и выбираем черный цвет

Задание 4

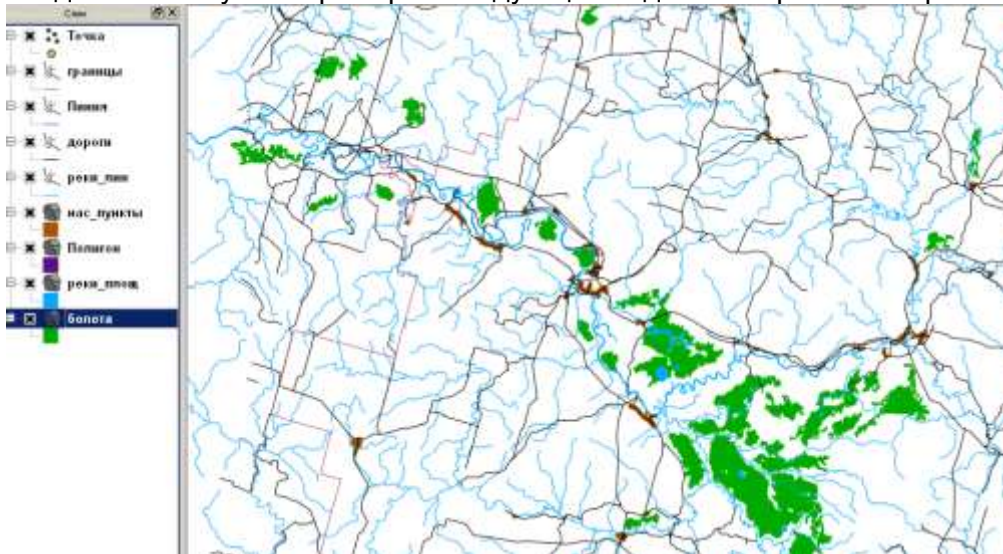
Сделайте самостоятельно остальные операции по замене цветового фона с оставшимися слоями (слои *реки_лин* и *реки_площ* в голубой, *нас_руннты* в коричневый, *болота* в зеленый) удобными для вас способами.


Примечание

Используя инструменты по изменению масштаба, увеличьте карту, так изменения обретают более отчетливые очертания, а объекты становятся более для нас привычными



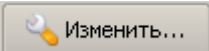
Вы должны получить примерно следующий вид вашего рабочего проекта



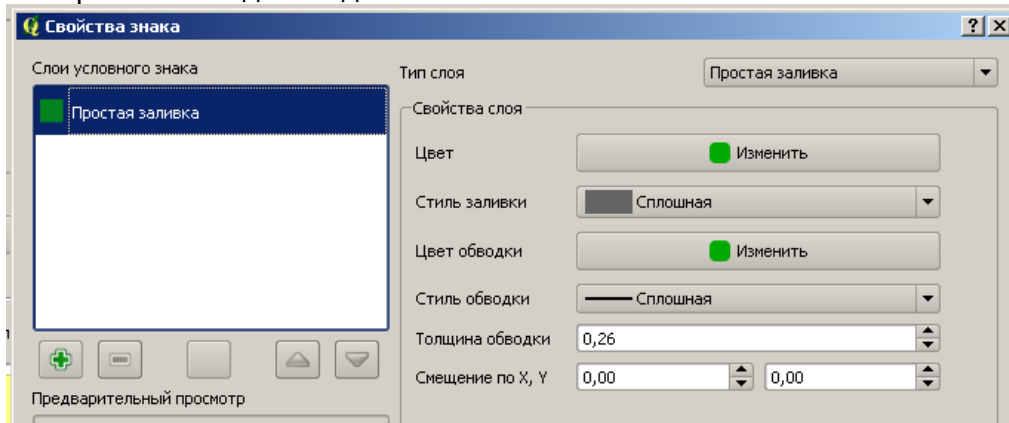
Сохраните проект кнопкой  в папке «Задание 4». Данная функция позволяет перезаписывать проект, не меняя предыдущий проект

При компоновке цвета можно изменять не только его цвет, но и сам стиль объекта, для таких объектов как линия – это стиль линии, толщина, для полигона границы. Это делается следующим образом:

дважды кликните по слою левой кнопкой мыши;
выберите вкладку *Стиль*;

нажмите на кнопку  Изменить...

выберите необходимые для вас свойства



Задание 5

Выберите самостоятельно для слоя *болота* следующие свойства:

цвет – зеленый

стиль заливки – Прямая диагональная

цвет обводки – нет

стиль обводки – без обводки

Свойства слоя

| | |
|---------------|---|
| Цвет | <input type="button" value="Изменить"/> |
| Стиль заливки | Прямая диагональная |
| Цвет обводки | <input type="button" value="Изменить"/> |
| Стиль обводки | Без обводки |

Для слоя *границы*:

Цвет – фиолетовый

Толщина линии – 1,00

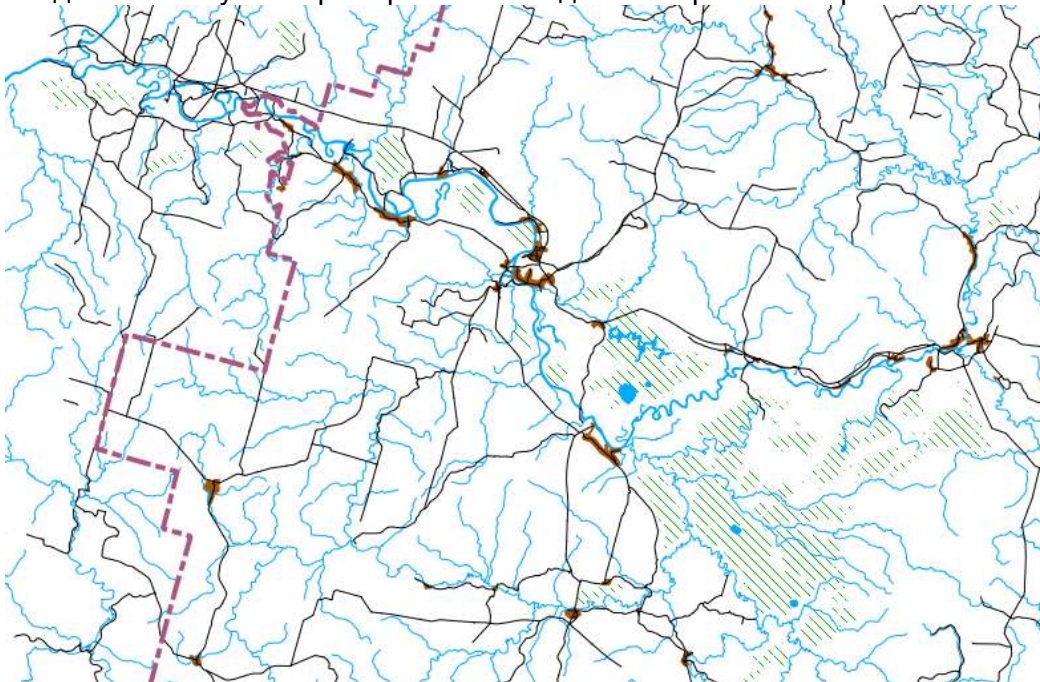
Смещение – 0,00


стиль линии – Штрихпунктирная

Свойства слоя

| | |
|---------------|---|
| Цвет | <input type="button" value="Изменить"/> |
| Толщина линии | 1,00 |
| Смещение | 0,00 |
| Стиль линии | Штрихпунктирная |



Вы должны получить примерно такой вид вашего рабочего проекта



Сейчас карта у нас приняла привычный для всех нас вид. Сохраните проект в папку **Задание 5** кнопкой .

Выборка объектов

Для того чтобы выбрать объект, можно несколько операций

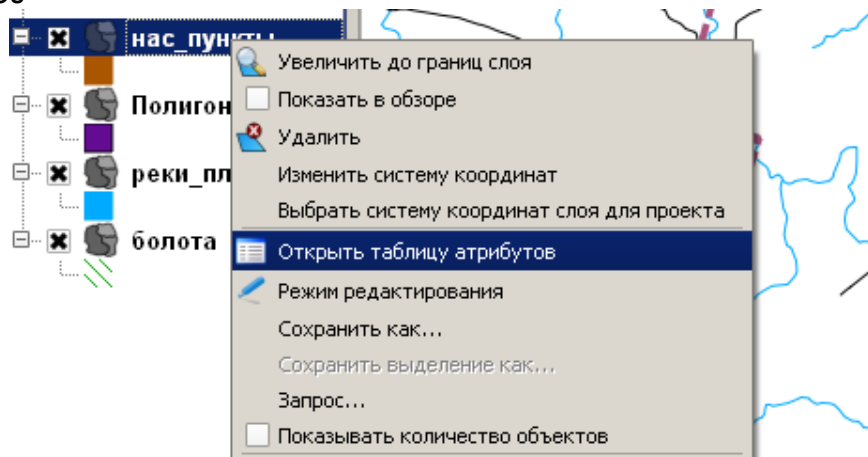
1. Это воспользоваться кнопками  или  расположенными на панели инструментов
2. Это использовать их атрибутивные данные (К каждому слою прикреплена таблица с информацией об объектах этого слоя – площадь, название, привязка, координаты и т.д.). По этим атрибутивным данным можно делать более точную выборку объектов.

Рассмотрим слой нас_пункты. Прежде чем работать с атрибутивными данными, необходимо сделать активным тот слой, с которым вы планируете работать.

Примечание:

Чтобы активировать слой достаточно просто выбрать слой в легенде, один раз нажав левой клавишей мыши по слою.

Далее, нажатием правой клавишей мыши выбрать пункт *Открыть таблицу атрибутов*



Открыть таблицу можно и через меню *Слой*

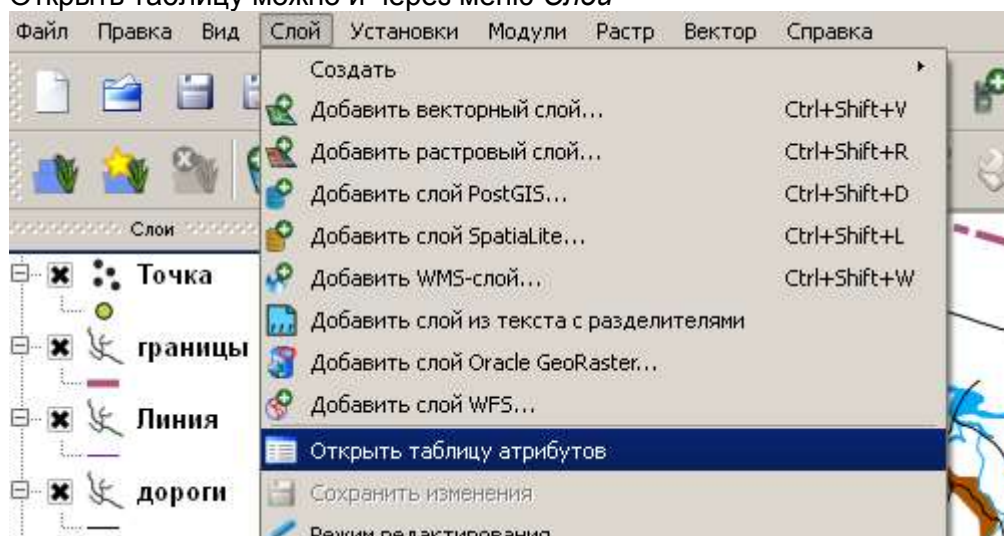


Таблица выглядит следующим образом

Таблица атрибутов — нас_пункты :: выбрано 0 объектов из 63

| | ОБЪЕКТID | ID | Region | ОКАТО | Object_nam | Shape_Leng | Shape_Le_1 |
|----|----------|----|-------------------|-------------|-------------------|---------------|---------------|
| 0 | 22 | 22 | Усть-Куломский... | 87248823002 | Югыдтыдор | 0.04892541951 | 0.04892541951 |
| 1 | 23 | 23 | Усть-Куломский... | 87248815002 | Пузла | 0.11066287944 | 0.11066287944 |
| 2 | 24 | 24 | Усть-Куломский... | 87248823001 | Диасёръя | 0.06841270129 | 0.06841270129 |
| 3 | 25 | 25 | Усть-Куломский... | 87248815003 | Якедж | 0.06085559329 | 0.06085559329 |
| 4 | 26 | 26 | Усть-Куломский... | 87248865002 | Бадьельск | 0.04296599103 | 0.04296599103 |
| 5 | 27 | 27 | Усть-Куломский... | 87248865007 | Сордйив | 0.04580188017 | 0.04580188017 |
| 6 | 28 | 28 | Усть-Куломский... | 87248865003 | Вильгорт (Усть... | 0.08548228821 | 0.08548228821 |
| 7 | 29 | 29 | Усть-Куломский... | 87248865001 | Помоздино | 0.07837854597 | 0.07837854597 |
| 8 | 30 | 30 | Усть-Куломский... | 87248865006 | Скородун | 0.06249719691 | 0.06249719691 |
| 9 | 31 | 31 | Усть-Куломский... | 87248865004 | Кырныша | 0.03134227679 | 0.03134227679 |
| 10 | 32 | 32 | Усть-Куломский... | 87248860004 | Ярашью | 0.04918389331 | 0.04918389331 |
| 11 | 33 | 33 | Усть-Куломский... | 87248860002 | Великополье | 0.05812913446 | 0.05812913446 |
| 12 | 34 | 34 | Усть-Куломский... | 87248860008 | Пожегдин | 0.04906216745 | 0.04906216745 |
| 13 | 35 | 35 | Усть-Куломский... | 87248870002 | Климовск | 0.03308884084 | 0.03308884084 |
| 14 | 36 | 36 | Усть-Куломский... | 87248870004 | Фроловск | 0.04209918049 | 0.04209918049 |
| 15 | 37 | 37 | Усть-Куломский... | 87248870003 | Логиньяг | 0.05291708691 | 0.05291708691 |
| 16 | 38 | 38 | Усть-Куломский... | 87248895007 | Канава | 0.08380480584 | 0.08380480584 |
| 17 | 39 | 39 | Усть-Куломский... | 87248820003 | Воль | 0.03941339075 | 0.03941339075 |
| 18 | 40 | 40 | Усть-Куломский... | 87248820002 | Верхний Воч | 0.04568597447 | 0.04568597447 |
| 19 | 41 | 41 | Усть-Куломский... | 87248870001 | Эмстан | 0.09473743638 | 0.09473743638 |
| 20 | 42 | 42 | Усть-Куломский... | 87248854002 | Нюмыд | 0.09463104851 | 0.09463104851 |
| 21 | 43 | 43 | Усть-Куломский... | 87248830002 | Габово | 0.03791942131 | 0.03791942131 |
| 22 | 44 | 44 | Усть-Куломский... | 87248830001 | Дзель | 0.05561686328 | 0.05561686328 |

Искать в поле Поиск

Только выделенные записи Искать среди выбранных Учитывать регистр

Для того чтобы найти интересующий вас объект, в строке необходимо ввести его название, для примера найдем какую-нибудь деревню, например Аныб, а в пункте *в поле* выберем *Object_nam*, и нажмем ПОИСК

Искать в поле Поиск

Учитывать регистр

Найти заданное значение в выбранном поле

Выборку можно сделать и через *Расширенный поиск*
 Выберите *Расширенный поиск*
 В поле условие введите условие и нажмите кнопку ОК

Операторы


| | | | | | | |
|----|----|----|-------|-----|----|--------|
| = | < | > | LIKE | % | IN | NOT IN |
| <= | >= | != | ILIKE | AND | OR | NOT |

SQL-условие WHERE

OK Проверить Очистить Сохранить... Загрузить... Cancel Help

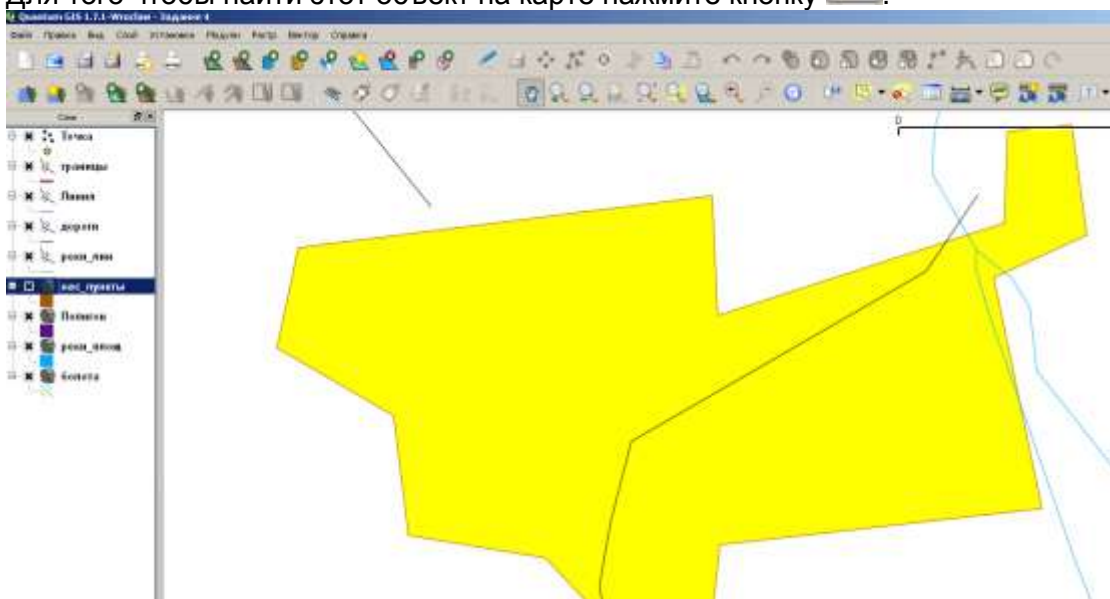
Из всего списка оператор выделит только тот объект, которое вы вписали в условие

| | | | | | | | |
|----|----|----|-------------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| 15 | 37 | 37 | Усть-Куломский... | 87248870003 | Логиньяг | 0.05291708691 | 0.05291708691 |
| 16 | 38 | 38 | Усть-Куломский... | 87248895007 | Канавы | 0.08380480584 | 0.08380480584 |
| 17 | 39 | 39 | Усть-Куломский... | 87248820003 | Воль | 0.03941339075 | 0.03941339075 |
| 18 | 40 | 40 | Усть-Куломский... | 87248820002 | Верхний Воч | 0.04568597447 | 0.04568597447 |
| 19 | 41 | 41 | Усть-Куломский... | 87248870001 | Зимстан | 0.09473743638 | 0.09473743638 |
| 20 | 42 | 42 | Усть-Куломский... | 87248854002 | Нюмыд | 0.09463104851 | 0.09463104851 |

Для удобства нажмите проставьте флажок  Только выделенные записи и таблица сократится только до одного объекта

| OBJECTID | ID | Region | OKATO | Object_nam | Shape_Leng | Shape_Le_1 | Sha |
|----------|----|--------|-------------------|------------|---------------|---------------|-----|
| 16 | 38 | 38 | Усть-Куломский... | Канавы | 0.08380480584 | 0.08380480584 | 0.0 |


Для того чтобы найти этот объект на карте нажмите кнопку .



Объект на карте отобразится желтым цветом.

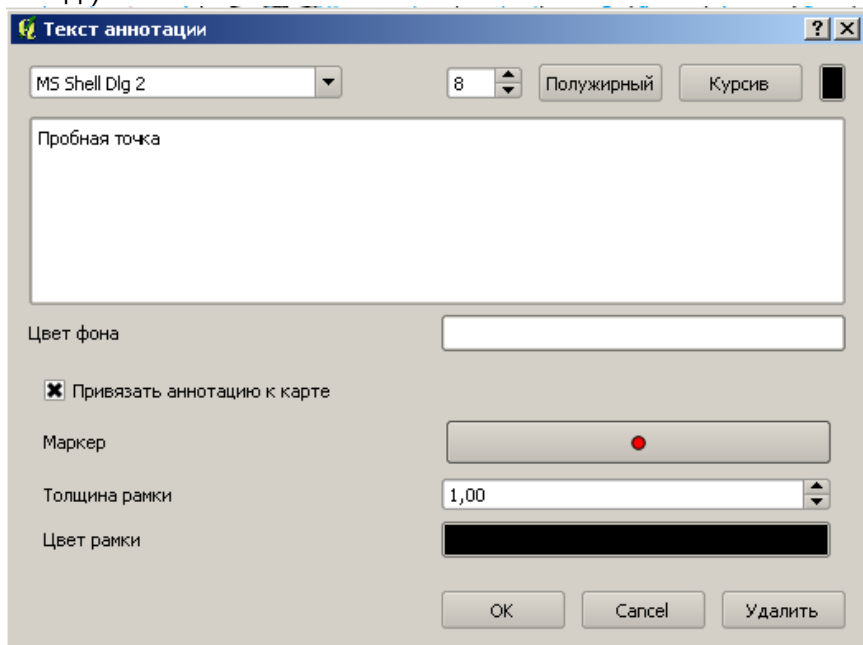
Нанесение подписей на карту

Для большей наглядности не хватает подписей на нашей карте.

Для того чтобы сделать надписи на карте, необходимо выбрать кнопку  на панели инструментов и в том месте на карте, где вам необходимо подписать кликаете левой кнопкой мыши.



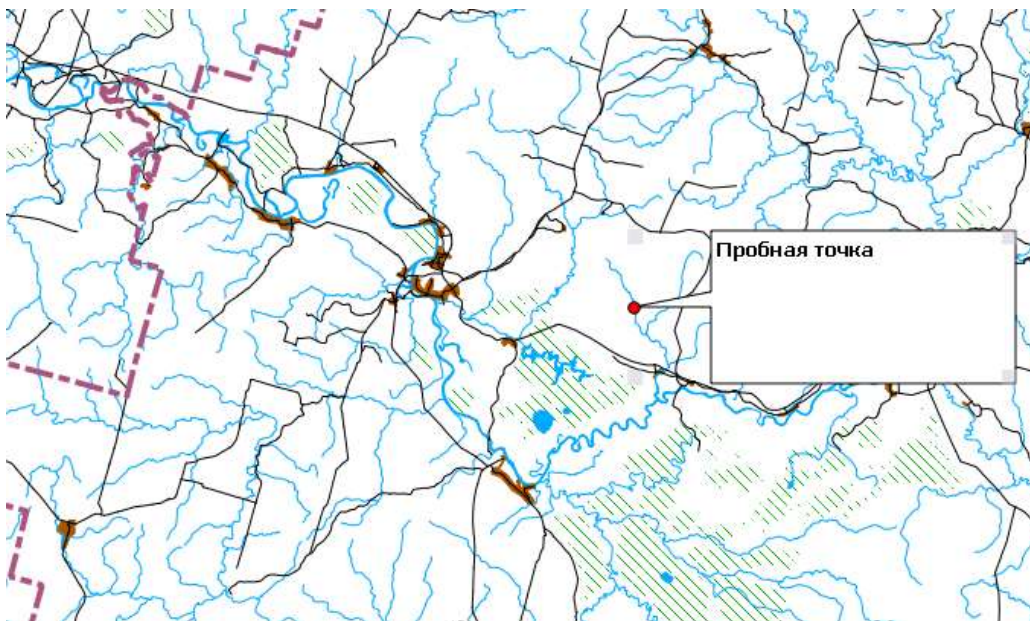
Чтобы сделать записи, вам необходимо дважды кликнуть по появившемуся окошечку. Далее просто введите текст. Можно изменить и сам маркер нанесения точек (цвет, стиль и т.д.).



Далее нажимайте ОК

Примечание:

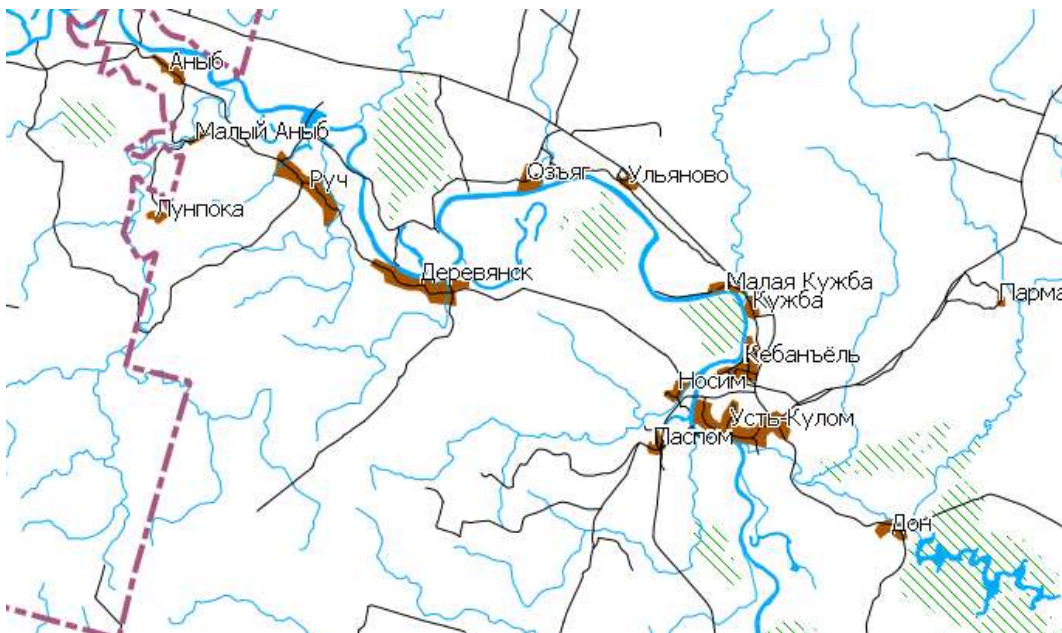
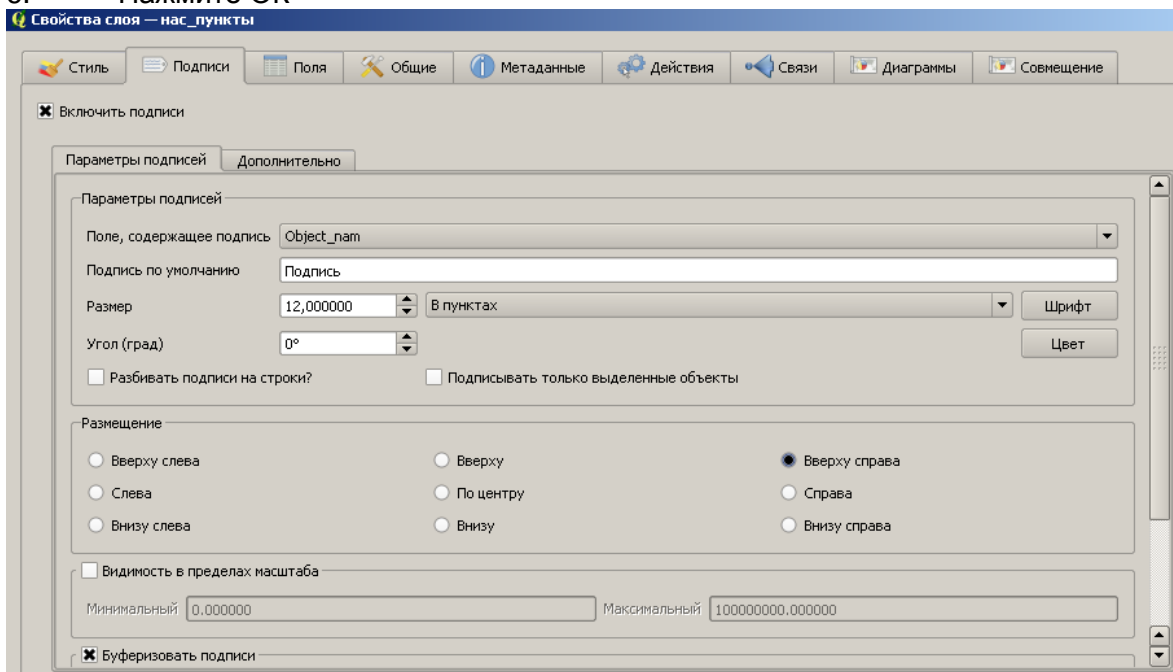
Если же в этой подписи нет необходимости, или же она потеряла свою актуальность, то ее можно удалить, для этого просто кликните по ней курсором и нажмите delete.




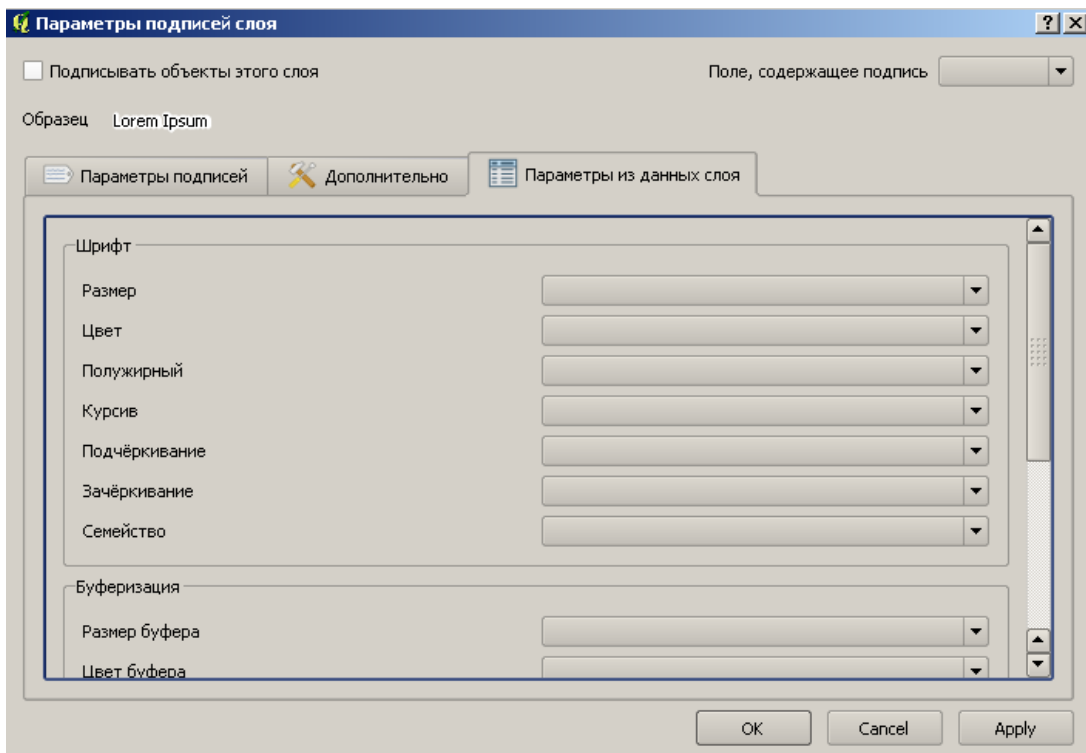
Если же вы хотите подписать объект, то правильней это сделать в автоматической режиме, это не только упрощает всю процедуру подписывания объекта (особенно когда объектов очень много), но заметно ускоряет сам процесс.

Для примера возьмем слой *нас_пункты* и подпишем их в автоматическом режиме:

1. Двукратным нажатием левой клавиши мыши по слою нас_пункты и выберем вкладку *Подписи*,
2. Поставьте флажок в пункте *Включить подписи* Включить подписи ,
3. В пункте *Поле, содержащую подпись* выберите *Объект_nam*,
4. В пункте *Размещение* выберите удобную для вас позицию подписи объекта,
5. Проставьте флажок в *Буферизировать подписи* Буферизировать подписи ,
6. Нажмите ОК



Для того чтобы отредактировать подписи, необходимо нажать на клавишу  на панели инструментов и выбрать вкладку *Параметры из данных слоя*.



Сохраните проект в папку *Задание 6*, назовите проект *Задание 6*
 Закройте проект

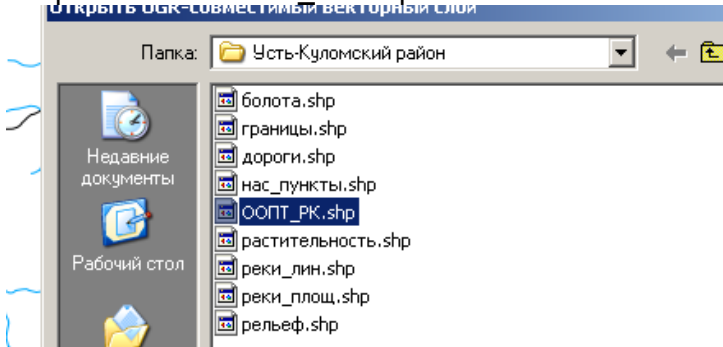
Задание 6.

Копирование слоев и экспорт данных

Откройте проект *Задание 6*

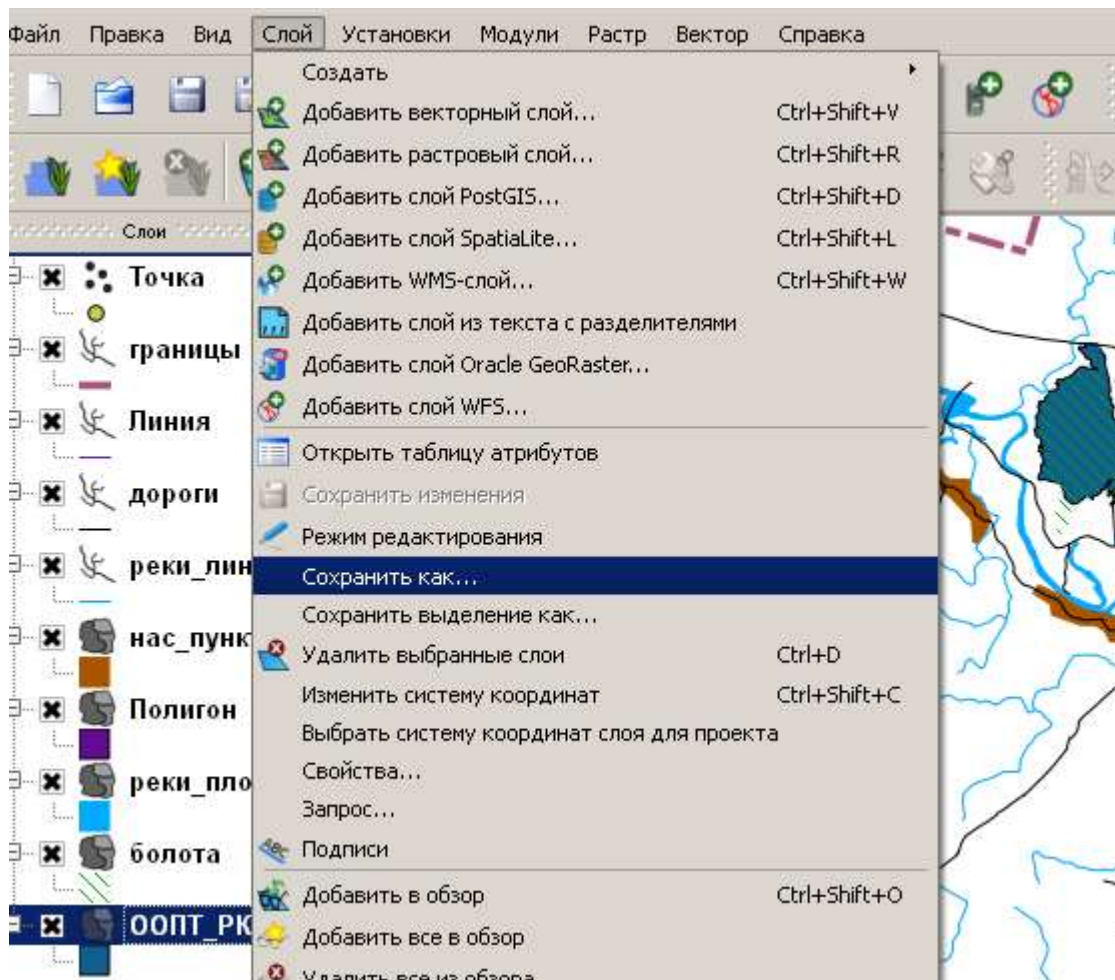
Уберите подписи, убрав флажок в строке *Включить подписи* Включить подписи

Откройте слой *ООПТ_РК* из рабочей папки «*Усть-Куломский район*»

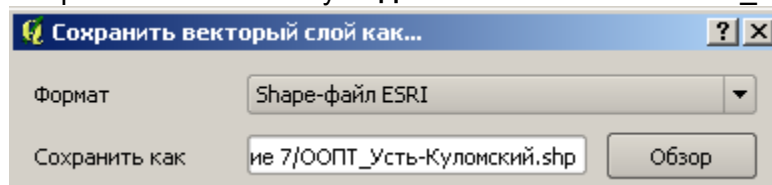


Переместите его в самый низ легенды

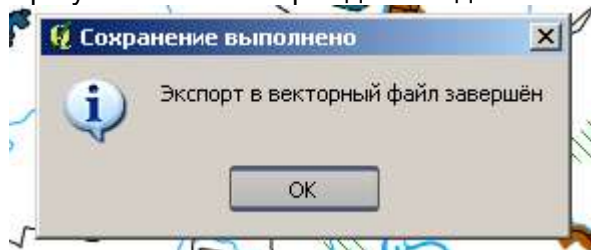
Для того чтобы скопировать слой, необходимо выделить этот слой на легенде (просто один раз нажать левой клавишей мыши по слою) и в меню *Слой* выбрать пункт *Сохранить как*





Сохраните слой в папку **Задание 7** и назовите ООПТ_Усть-Куломский



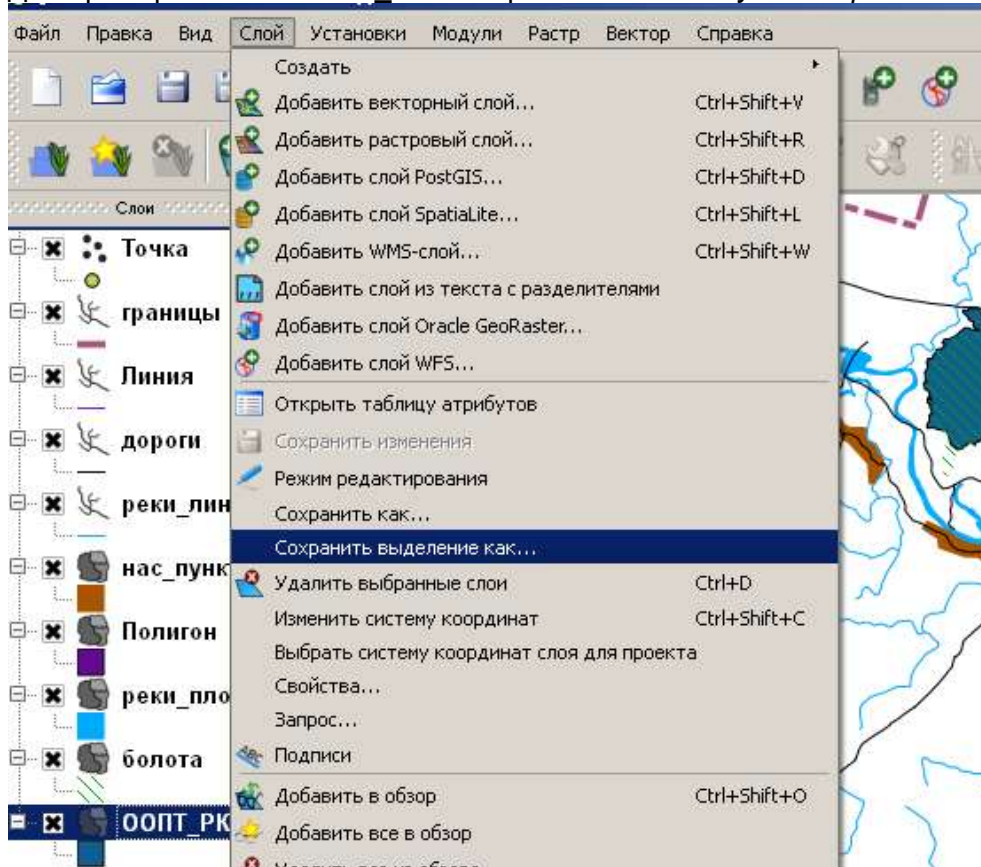
При успешном экспорте данных должно появиться следующее окно



Если же вам необходимо скопировать только некоторые объекты в слое и сохранить их отдельным слоем, то вам необходимо выбрать объекты либо вручную, используя инструменты  или , либо через атрибутивные данные

Предположим вам необходимо отобразить только один объект, а остальные, чтобы не мешали и не нагромождали карту необходимо отключить. Тогда вам необходимо создать слой только с одним объектом, экспортировав его в самостоятельный шейп-файл.

Для примера в слое *ООПТ_РК* выберите заказник «Кузоб-Нюр»



Далее, указываете директорию, куда сохранить ваш объект.

Сохраните заказник в папку **Задание 8**

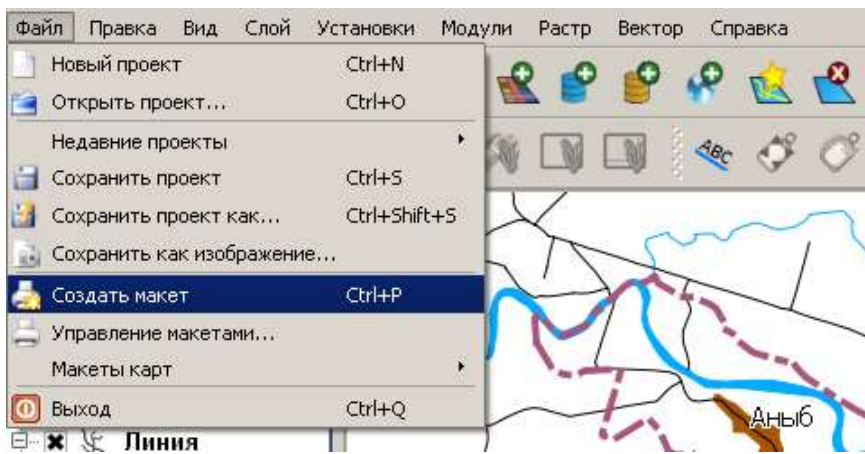
Теперь откройте в вашем проекте заказник, а слой *ООПТ_РК* отключите или удалите.


Задание 9

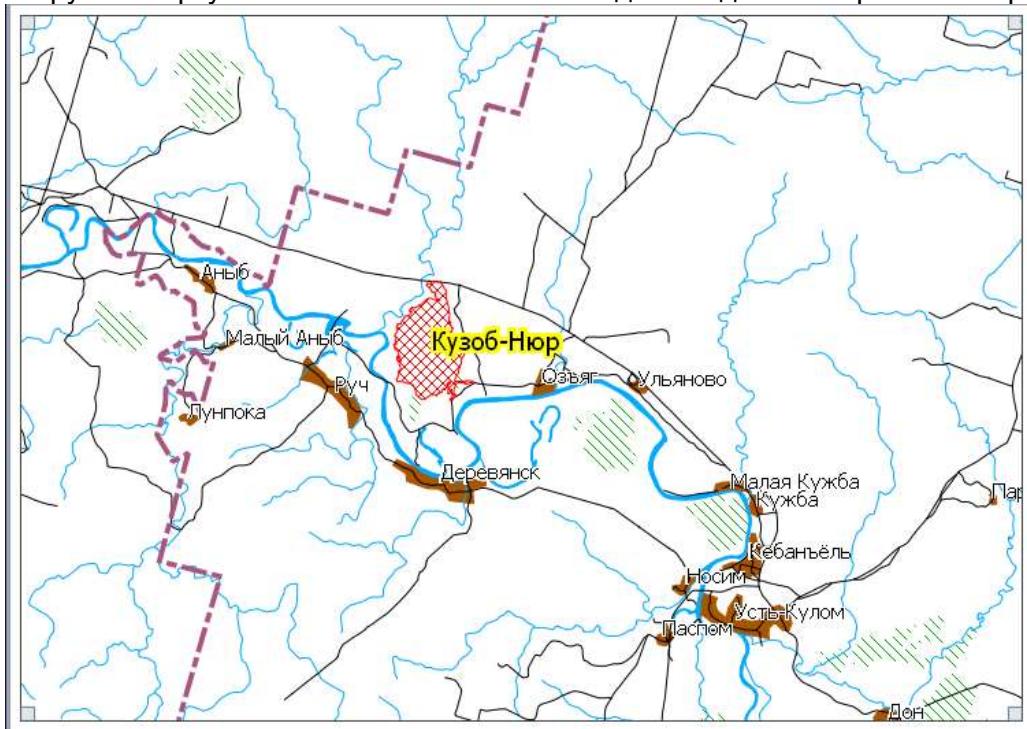
1. Сделайте заказнику красный фон с заливкой – диагональное перекрестие;
2. Подпишите его с буферизацией текста (цвет буфера желтый, размер шрифта - 15);
3. В строке состояния сделайте масштаб 1:200000;
4. Подпишите населенные пункты;
5. Проект сохраните в папку Задание 9

Компоновка карты и печать

Для того чтобы распечатать карту, сначала необходимо сделать макет карты. В пункте меню нажмите *Файл* и выберите *Создать макет*



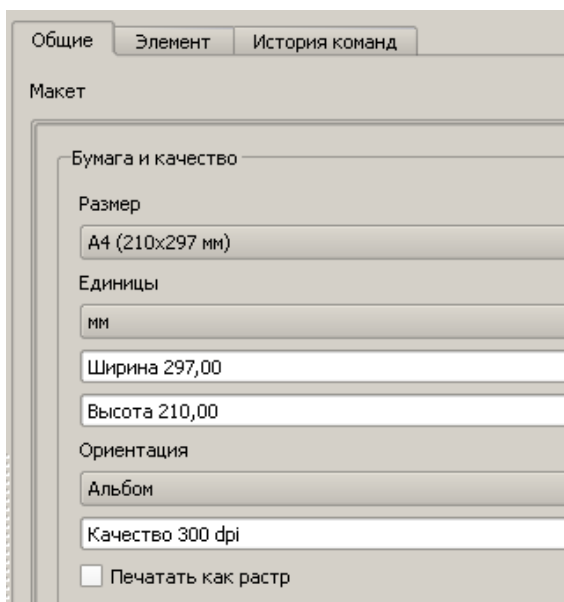
Загрузите карту нажатием кнопки  и выделите диапазон рабочей карты



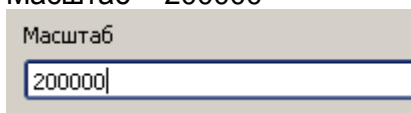
Справа, во вкладке Общие выберите:


Размер – А4

Ориентация – Альбом





Во вкладке – Элемент выберите:
Масштаб – 200000



Добавим легенду на карту  и укажем ей месторасположение на рабочей области.

Добавим масштабную линейку нажатием кнопки 

Далее, чтобы сохранить карту необходимо нажать кнопку  или , и укажите месторасположение ваших карт

Заключение

Вот, это основные команды и операции, которые помогут вам в вашей научной и исследовательской работе. QGIS находится в состоянии активной разработки и поэтому иногда может работать не так, как вы ожидаете. Подписка на рассылку qgis-users является наиболее предпочтительным способом получения помощи. Ваш вопрос будет доступен широкой аудитории, а ответы смогут помочь другим.

Список рассылки предназначен как для обсуждения QGIS в целом, так и для специфических вопросов, касающихся установки и использования. Подписаться на список рассылки qgis-users можно посетив следующий URL: <http://lists.osgeo.org/mailman/listinfo/qgis-user>