

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Департамент научно-технологической политики и образования  
*Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования*  
**«Красноярский государственный аграрный университет»**

**Л.Н. ШЕВЦОВА**

**МОНИТОРИНГ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ В  
АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

*Методические указания*

*Электронное издание*

ФГОС ВО

Направление подготовки 09.04.03 «Прикладная информатика»  
Направленность (профиль): «Цифровые технологии в АПК»

Курс: 1

Семестр: 2

Форма обучения: очная

Квалификация выпускника: магистр

Красноярск - 2025

*Рецензент*

С.А. Бронов, д-р техн. наук, проф. каф. «Информационные технологии и математическое обеспечение информационных систем»

Шевцова, Л.Н.

Мониторинг и обработка данных в агропромышленном комплексе: методические указания для лабораторных работ / Л.Н. Шевцова; Красноярский государственный аграрный университет.- Красноярск, 2025.- 32с.

Методические указания предназначены для студентов очной формы обучения по направлению программы магистратуры 09.04.03 «Прикладная информатика».

Методические указания составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, учебным планом и рабочей программой дисциплины. Включают теоретический материал основных лекционных занятий и методические рекомендации для выполнения практических работ, вопросы к зачету.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Красноярского государственного аграрного университета

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
Раздел 1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОНИТОРИНГА В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ.....	5
1.1. Мониторинг, как понятие .....	5
1.2. Виды мониторинга.....	6
1.3. Принципы проведения мониторинга .....	8
1.4. Методы выбора объектов мониторинга .....	9
1.5. Методы и средства сбора информации для мониторинга .....	10
РАЗДЕЛ 2. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ГЕОИНФОРМАТИКЕ И ГИС .	14
2.1. Базовые определения ГИС.....	14
2.2. Карта как модель географических данных .....	14
РАЗДЕЛ 3. ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЯМИ.....	18
3.1. Что такое Вегетация и Индекс вегетации (NDVI) [3] .....	18
3.2. Технология расчета Индекса вегетации.....	19
РАЗДЕЛ 4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТОЧНОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ.....	27
4.1. Лабораторная работа. Мониторинг использования элементов точного сельского хозяйства в районах Красноярского края .....	27
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	30
ЛИТЕРАТУРА.....	31

## **ВВЕДЕНИЕ**

Методические указания ориентированы на круг вопросов, связанных с формированием профессиональных знаний о проведении мониторинга в сельскохозяйственной отрасли с использованием современных информационных технологий и систем и процессах их реализации. Рассматриваются теоретические вопросы и цифровые технологии в проведении мониторинга агропромышленном комплексе.

Методические указания интегрирует современные знания из смежных дисциплин биологического, математического и информационного блоков. Указания адаптированы к уровню восприятия студентами с помощью таблиц и рисунков.

# Раздел 1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОНИТОРИНГА В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

## 1.1. Мониторинг, как понятие

Понятие мониторинга достаточно давно используется и в сфере науки и в практической сфере. Границы использования этого понятия в последнее время существенно расширились.

Исторически впервые понятие мониторинга появилось в почвоведении, затем в экологии и других смежных науках. В настоящее время наиболее полно разработано данное понятие в экологии, причем, как на теоретическом, так и на практическом уровне. Здесь глубоко проработан методологический аппарат, созданы и апробированы средства измерения, существуют и активно используются системы реализации мониторинга: сбора, хранения, обработки и распространения получаемой в ходе мониторинга информации. Статус мониторинга, как системы, закреплён в экологии и на законодательном уровне.

Показательно определение понятия мониторинг из Большого Советского Энциклопедического словаря (М., 1990, стр.838), начало которого приведено ниже:

«Мониторинг – наблюдение, оценка и прогноз состояния окружающей среды в связи с хозяйственной деятельностью человека».

Таким образом, никакого другого мониторинга, кроме как мониторинга в сфере экологии еще 10 лет назад в научной и практической сфере не существовало. В настоящий момент ситуация существенно изменилась. Примеры использования понятия «мониторинг» можно встретить в настоящее время в биологии, медицине, социологии, педагогике, экономике, психологии и других областях научного знания.

Конечно такое развитие использования понятия «мониторинг» потребовало определенного переосмысления, расширения приведенного выше определения этого понятия. Ниже приводится более современное определение, охватывающее все известные в настоящий момент примеры применения этого понятия:

Мониторинг – способ научного исследования и практическая система, представляющий собой систему сбора, обработки, хранения и распространения информации об исследуемой системе, отдельных ее элементах (подсистемах, объектах) или процессах, происходящих в данной системе, с целью последующего информационного обеспечения управления исследуемой системой, анализа и оценки

состояния исследуемой системы в любой момент времени и прогноза ее развития.

Такое определение мониторинга достаточно подробно и развернуто. Возможно и более сжатое, свернутое определение:

«Мониторинг – система постоянного наблюдения за каким-либо объектом (процессом) с целью выявления его соответствия желаемому результату и прогноза его развития».

Здесь многие из существенных черт мониторинга, перечисленные в развернутом определении отсутствуют, но суть мониторинга как понятия сохраняется.

## 1.2. Виды мониторинга

Накопленный опыт разработки большого количества систем мониторинга позволяет провести их определенную классификацию.

Одно из оснований – сфера применения мониторинга:

- В экологии и биологии: мониторинг воздуха, лесов, земли, климата и т.п.;
- В медицине: санитарно-гигиенический мониторинг, мониторинг температуры, давления и т.п.;
- В экономике: мониторинг сельхозпродукции, цен, налогов и т.п.;
- В политике, политологии, социологии: мониторинг средств массовой информации, выборов, регионов, законодательства и т.п.;
- В информационных технологиях: мониторинг сетей, компьютерных систем, надежности данных и т.п.;
- В образовании: мониторинг знаний учащихся, образовательных систем и т.п.

Вторым основанием для классификации систем мониторинга могут быть *средства проведения*: радиолокационный, космический, инструментальный, медицинский, статистический и т.п.

В методических указаниях (Раздел 4) будут использоваться в основном социологические и статистические методы.

Третьим основанием для классификации систем мониторинга может служить *способ сбора информации* для мониторинга. Здесь можно выделить следующие основные группы:

- непосредственное описание объекта мониторинга;
- физическое измерение параметров объекта мониторинга;
- измерение с использованием критериев или индикаторов;
- опосредованный сбор показателей.

Четвертым основанием для классификации систем мониторинга может служить *способ ориентации на конечных пользователей*: ориентированный на общество в целом, на специалистов соответствующих областей деятельности, на конкретные органы управления и руководителей.

*По времени существования* системы мониторинга можно разделить на временные и постоянные. Первые нацелены, как правило, на задачи функционирования. Выполнив свои задачи, такие системы прекращают свое существование. Вторые системы направлены на системы развития и могут существовать неограниченно долго.

*По основаниям для сравнения* можно выделить следующие системы мониторинга:

- динамический;
- конкурентный;
- сравнительный;
- комплексный.

В первом случае результатом сбора данных мониторинга будут данные о динамике развития какого-либо объекта, явления или показателя. Такой вид мониторинга хорош для сравнительно простых исследуемых мониторингом систем.

Во втором случае несколько подсистем исследуемой системы изучаются параллельно, одним средством и в одно и то же время. Такой вид мониторинга хорош для определения величины эффектов, возникающих в подсистемах и оценки величины опасностей, диспропорций в развитии всей исследуемой системы.

В третьем случае основанием для оценок и выводов мониторинга служат результаты аналогичного обследования для систем более высокого уровня. Такой способ мониторинга дает возможность учесть большинство причин смещения полученных оценок, что крайне важно для исследуемых систем с высокой динамикой развития.

В четвертом случае, используется несколько оснований для проведения исследования.

Наконец, *по назначению* можно разделить имеющиеся системы мониторинга на следующие три группы:

- Информационный. Для сбора, накопления и распространения информации;
- Базовый. Для выявления новых проблем и опасностей в развитии исследуемых мониторингом систем;

- Проблемный. Для выявления закономерностей, процессов, опасностей, проблем актуальных, прежде всего с точки зрения управления исследуемым мониторингом системы.

### 1.3. Принципы проведения мониторинга

На основе анализа принципов проведения мониторинга в различных областях знания можно выделить несколько *общих принципов проведения мониторинга*:

- Целостности. Здесь имеется в виду неразрывность процесса управления: мониторинг, прогноз, планирование, управление, решение;
- Оперативности, который выражается не только в оперативности переработки и выдачи информации по результатам мониторинга, но и оперативности принятия управленческих решений на их основе (особенно в критических ситуациях);
- *Приоритет* управления, выражающийся в том, что в упомянутом комплексе управление-мониторинг-прогноз управлению принадлежит ведущая роль, два других блока являются очень важными, но обеспечивающими первый. Одним из основных результатов мониторинга являются знания, которые используются для принятия управленческих решений;
- *Принцип соответствия*, выражающийся в соответствии целей мониторинга средствам его реализации;
- *Прогностичности*, выражающийся в нацеленности мониторинга на прогноз дальнейшего развития исследуемой системы. Особенно важно это в случае критических ситуаций;
- Научности, выражающийся в том, что мониторинг, как научное исследование, в полной мере должен удовлетворять всем требованиям и ограничениям к проведению научного исследования;
- Разнообразия, выражающийся в том, что мониторинг должен, по возможности, носить комплексный характер, охватывать (хотя бы в перспективе) все подсистемы (объекты) исследуемой системы;
- Непротиворечивости, выражающийся в том, что результаты мониторинга должны пройти проверку на соответствие тем задачам, которые были поставлены;



- Периодичности, выражающийся в регулярности сбора информации об исследуемой системе.

Приведенный список не претендует на полноту, однако позволяет достаточно полно охарактеризовать мониторинг, как вид научного исследования.

#### **1.4. Методы выбора объектов мониторинга**

Как правило, объект исследования мониторинга бывает (по числу входящих в него подсистем, объектов, числу процессов в нем происходящих) очень большим. Проведение *сплошного обследования* в таком случае, может быть затруднительно по многим причинам (временного, финансового и т.п. характера). Возникает необходимость выбора объектов исследования, использования *выборочных методов*. Такие проблемы достаточно хорошо исследованы в статистической теории. Здесь объект исследования называется *генеральной совокупностью (ГС)*, а совокупность отобранных для исследования элементов – *выборочной совокупностью (ВС)*. Среди применяемых видов и методов выборки отметим следующие:

- *случайного отбора*, когда каждый из элементов ГС имеет равную вероятность попасть в ВС;
- *механической выборки*, когда элементы ГС сводятся в единый список и из него через равные промежутки отбираются элементы ВС;
- *метод серийной выборки*, суть которого заключается в возможности разбиения ГС на однородные (непересекающиеся) части (серии), в соответствии с каким-либо признаком (признаками). Выбор внутри получившихся групп (серий) осуществляется в таком случае отдельно и пропорционально числу элементов в группе (серии);
- *метод гнездовой выборки*, предполагает наличие однородных единиц (групп) внутри ГС, которые и отбираются целиком в ВС, любым из перечисленных выше способом.

Помимо вероятностных (статистических) методов формирования ВС, возможны и *методы целенаправленного выбора*:

- *метод стихийного выбора*, для которого типичным примером будет опрос читателей газет или журналов;

- *метод* основного массива, когда опрашивается более половины (60-70%) основного массива, как разведывательная процедура;
- *метод* квотной выборки, используемый в тех случаях, когда изначально имеются определенные (статистические) данные о контрольных признаках элементов ГС. Все данные о каком-либо признаке выступают в качестве квоты, а их отдельные (числовые) значения – как параметры квоты. Квоты при этом могут быть заданы, как по независимым, так и по взаимосвязанным параметрам.

Основная проблема, возникающая при формировании ВС из ГС - это определение объема ВС и обеспечение ее представительности. Выборочная совокупность, вероятность отклонения в которой от контрольных признаков достаточно мала (1%-5%), называется *репрезентативной*, а получившуюся ошибку выбора считают *случайной*.

Можно отметить, что такой способ определения ВС из ГС отнюдь не избавляет от т.н. *ошибок смещения*, причиной которых могут быть неверные исходные данные о контрольных признаках, малый объем выборки, неверное применение способа отбора ВС и т.п.

Надо отметить, что перечисленными выше способы определения ВС не исчерпываются. Более сложные методы, как правило, требуют применения серьезного математического аппарата и использования ЭВМ не только на стадии обработки полученных результатов, но уже и на стадии формирования ВС.

### **1.5. Методы и средства сбора информации для мониторинга**

В ходе проведения этапа сбора информации для мониторинга могут применяться различные методы. Каждый из них имеет свои особенности и предъявляет определенные требования. Ниже мы кратко рассмотрим данные вопросы:

- ✓ *метод* опроса, как способ получения информации достаточно распространен в различных областях науки. Специфика метода состоит, прежде всего, в том, что в качестве источников информации для мониторинга выступает человек (*респондент*).

По способу общения (устному или письменному) различают два вида опроса: *интервьюирование* и *анкетирование*. В их основе лежит совокупность предлагаемых респонденту вопросов, ответы на которые и образуют первичную информацию мониторинга.

Данный вид сбора информации достаточно сложен, что обуславливается рядом проблем, в частности: проблемой выбора содержания опроса, проблемой должного качества работы опрашиваемого лица, проблемой выбора ситуации опроса, то есть условий его проведения, проблемой учета психологического состояния респондентов и т.п.

Среди достоинств данного метода необходимо отметить быстроту сбора информации, широту охвата (и по количеству и по качеству). Однако следует всегда иметь в виду, что информация, полученная от респондента, всегда носит субъективный характер, что предопределяет искажение объективной реальности – исследуемого мониторингом объекта;

✓ *метод* наблюдения, как направленное, систематическое, непосредственное отслеживание процессов исследуемой мониторингом системы. Оно служит определенным познавательным целям и может быть подвергнуто контролю и проверке.

Важнейшее достоинство данного метода – его одновременность с развитием изучаемой мониторингом системы, возможность широкого, многомерного охвата процессов в исследуемой мониторингом системе. Недостатки данного метода также достаточно хорошо изучены. Среди объективных недостатков можно отметить: частный характер наблюдаемой ситуации, и, как следствие, невозможность широких обобщений, невозможность повторения наблюдения, высокая трудоемкость. Из субъективных недостатков можно перечислить: возможность неверных установок наблюдателя и наблюдаемых, различия в социальном положении, отсутствие целостного восприятия наблюдаемой ситуации у наблюдателя и наблюдаемых и т.п. В заключении можно отметить, что, несмотря на выделенные недостатки, данный метод широко распространен и в естественных и в общественных науках. Особенно это касается естественных наук, где отмеченные недостатки можно в той или иной мере преодолеть или игнорировать в силу их малого эффекта.

✓ *Метод* анализа документов. Один из наиболее широко применяемых и эффективных методов сбора первичной информации для мониторинга.

Существует ряд оснований для классификации документов. Так, *по статусу* различаются документы официальные и неофициальные, *по форме* изложения – письменные (обычные) и статистические, *по функциональным особенностям* – регулятивные, коммуникативные и культурно-воспитательные, *по условному назначению* – на созданные независимо от исследователя и

«целевые», то есть подготовленные с соответствующими задачами исследования. Наконец, информацию, содержащуюся в документах, как правило, делят на *первичную* – описания конкретных ситуаций, результатов, фактов, проблем и т.п., и на *вторичную* – результаты обобщений, анализа первичной информации.

Основой для конкретного отбора документов, как правило, служит программа мониторинга. Количественными ограничениями состава выборки исследуемых документов обычно выступают материально-технические и организационные ограничения. Среди качественных ограничений можно отметить: надежность данных, достоверность, точность, связь с предметом исследования и т.п.

Во всем многообразии видов анализа документов выделяют, прежде всего, *качественный* (традиционный) и *формализованный* (контекст-анализ). Суть первого состоит в углубленном логическом исследовании содержания документов. Как правило, такой метод таит в себе опасность высокой степени субъективизма полученных результатов. Второй из упомянутых методов призван снять данный недостаток. Сущность его состоит в том, что содержание текста определяется как совокупность имеющихся в нем сведений, оценок и т.п. с последующим выделением *смысловых единиц* анализа и *единиц* учета. Последующий количественный анализ полученных результатов носит достаточно объективный (по сравнению с предыдущим методом) характер;

- ✓ *метод экспертных оценок*, в основном используется в случаях, когда требуется объективная оценка исследуемой системы со стороны, оценка не искаженная субъективным присутствием «внутри системы».

Центральным критерием отбора экспертов выступает обычно их компетентность. Для ее оценки используют как самооценки, так и коллективные оценки авторитетности экспертов. Данный метод широко используется в разведывательных и пробных исследованиях, для получения предварительных сведений об объекте исследования, предмете анализа, для уточнения гипотез и задач исследования. Достаточно распространено также использование метода экспертных оценок, как основы для прогнозирования, с последующим уточнением этих прогнозов последующими (как вариант - повторными) опросами.

Вследствие указанных обстоятельств, данный метод может найти применение в мониторинге только как начальный этап формирования плана исследования, так как трудно представить себе ситуацию, когда данный метод мог бы применяться систематически и

регулярно по отношению к одному и тому же объекту исследования мониторинга.

- ✓ *метод* эксперимента. Основная цель данного метода – проверка тех или иных гипотез с выходом результатов исследования на практику.

Общая логика эксперимента заключается в том, чтобы при помощи выбора некоторой экспериментальной группы (групп) проследить направление, величину и устойчивость изменения некоторых, интересующих экспериментатора характеристик исследуемой системы, которые называются *контрольными характеристиками*. Обычно в качестве контрольных выбираются самые важные (с точки зрения изучаемой проблемы) характеристики. Изменения контрольных характеристик должны зависеть от тех характеристик экспериментальной группы, которые изменяются самим исследователем. И, наконец, среди условий эксперимента необходимо выделить необходимость обеспечения таких условий, когда явления, не относящиеся к эксперименту, не должны оказывать на нее существенных воздействий.

Эксперимент, как метод исследования достаточно широко распространен в естественных науках. Однако, едва ли возможно систематическое использование такого метода при проведении такого вида исследования, как мониторинг. Причина такой ситуации видимо состоит в том, что эксперимент, как правило, носит разовый характер, направлен на прогноз и редко приложим к выработке управленческих решений, что и ставит его в ситуацию несовместимости с мониторингом, для которого перечисленные выше характеристики эксперимента, как вида исследования, неприемлемы. Однако, как этап, предшествующий непосредственному проведению мониторинга, данный метод, видимо, вполне применим и может иметь большую научную и практическую ценность.

В разделе 4 «Мониторинг использования элементов точного сельского хозяйства» – в качестве метода исследования будет использоваться метод опроса-анкетирования.

## РАЗДЕЛ 2. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ГЕОИНФОРМАТИКЕ И ГИС

### 2.1. Базовые определения ГИС

Понятие «Географическая информационная система» имеет много определений, поэтому за основу можно принять определение, приведенное в стандарте ГОСТ Р 52438-2005 «Географические информационные системы. Термины и определения», который введен 01.07.2006. В соответствии с этим стандартом:

Географическая информационная система, геоинформационная система, ГИС – информационная система, оперирующая пространственными данными.

*Геоинформатика* – область, объединяющая науку о принципах и методах цифрового моделирования объектов реальности в форме пространственных данных, технологию создания и использования геоинформационных систем, производство геоинформационной продукции и оказание геоинформационных услуг.

*Пространственные данные*  
(*геоинформационные, геопространственные, географические данные, геоданные*) – данные о пространственных объектах и их наборах.

### 2.2. Карта как модель географических данных

Карта – это математически определенное, уменьшенное, генерализованное изображение поверхности Земли, другого небесного тела или космического пространства, показывающее расположенные или спроецированные на них объекты в принятой системе условных знаков [2].

**Элементы карты** - это ее составные части, включающие само картографическое изображение, легенду и зарамочное оформление.

**Основной элемент - картографическое изображение**, т.е. содержание карты, совокупность сведений об объектах и явлениях, их размещении, свойствах, взаимосвязях, динамике. Общегеографические карты имеют следующее содержание: населенные пункты, социально-экономические и культурные объекты, пути сообщения и линии связи, рельеф, гидрографию, растительность и грунты, политико-административные границы.

На **тематических** и специальных картах различают **две составные части** картографического изображения. Во-первых, это географическая основа, т.е. **общегеографическая часть** содержания, которая служит для нанесения и привязки элементов тематического или специального содержания, а также для ориентировки по карте. Во-вторых, **тематическое или специальное содержание** (например, геологическое строение территории или навигационная обстановка).

Важнейший элемент всякой карты - **легенда**, т.е. система использованных на ней условных обозначений и текстовых пояснений к ним.

Для топографических карт составлены специальные таблицы условных знаков. Они стандартизированы и обязательны к применению на всех картах соответствующего масштаба. На большинстве тематических карт обозначения не унифицированы, поэтому легенду размещают на самом листе карты. Она содержит разъяснения, истолкование знаков, отражает логическую основу и иерархическую соподчиненность картографируемых явлений. Последовательность обозначений, их взаимное соподчинение в легенде, подбор цветовой гаммы, штриховых элементов и шрифтов - все это подчинено логике классификации изображаемого объекта или процесса. На сложных картах для повышения информативности легенды ее иногда представляют в табличной (матричной) форме. Тогда по строкам легенды дается один показатель (например, генетическая характеристика объекта), а по столбцам - другой (например, морфологические особенности этого объекта).

Картографическое изображение строится на **математической основе**, элементами которой на карте являются координатные сетки, масштаб и геодезическая основа. На мелкомасштабных картах элементы геодезической основы не показываются. С математической основой тесно связана и компоновка карты, т.е. взаимное размещение в пределах рамки самой изображаемой территории, названия карты, легенды, дополнительных карт и других данных.

Вспомогательное оснащение карты облегчает чтение и пользование ею. Оно включает различные картометрические графики (например, на топографической карте помещают шкалу крутизны для определения углов наклона склонов), схемы изученности картографируемой территории и использованных материалов, разнообразные справочные сведения. К дополнительным данным относятся карты-врезки, фотографии, диаграммы, графики, профили, текстовые и цифровые данные. Они не принадлежат непосредственно картографическому изображению или легенде, но тематически связаны с содержанием карты, дополняют и поясняют его.

В самом определении карты обозначены основные ее свойства:

- **математический закон построения** - применение специальных картографических проекций, позволяющих перейти от сферической поверхности Земли к плоскости карты;
- **знаковость изображения** - использование особого условного языка картографических символов;

- **генерализованность карты** - отбор и обобщение изображаемых объектов;
- **системность отображения действительности** - передача элементов и связей между ними, отображение иерархии геосистем.

Свойства карты хорошо понятны при сопоставлении с аэро- и космическими снимками. Снимки дают подробный «портрет», копию местности, но без всяких условных знаков. На снимках территория предстает такой, какова она есть. Картографические условные знаки во многом обогащают изображение. Они позволяют передать количественные и качественные характеристики объектов (например, указать породы леса, ширину и покрытие автодорог, проходимость болот), отразить объекты, недоступные взору человека (рельеф дна океана, строение земной коры на больших глубинах и т.п.), наглядно показать даже то, что не воспринимается органами чувств (магнитные склонения, аномалии силы тяжести и др.), передать динамику процессов, их ход во времени и перемещение в пространстве (атмосферные вихри, грузопотоки, миграции населения). Наконец, с помощью условных знаков на карте можно представить расчетные показатели и научные абстракции, скажем, градиент поля температур или степень устойчивости природных ландшафтов к химическому загрязнению.

**Цифровая карта** наиболее удобна для простой визуальной обработки информации, так как по существу работает с двухмерными образами. Этот подход широко распространен на простых **ГИС** типа **MapInfo**, **ArcView** и т.п. В отличие от цифровой карты **цифровая модель** представляет собой в общем случае **трехмерную пространственную модель**, не отягощенную специальными картографическими нагрузками и ограничениями.

**Цифровая модель** может содержать и отображать криволинейное пространство, в то время как цифровая карта это модель, приводимая к определенной картографической проекции.

**Цифровую модель** можно рассматривать как некий пространственный каркас, который служит основой для решения ряда задач, включая и построение карт. **Цифровая модель** может в большей степени соответствовать реальной поверхности по сравнению с картой. Однако возможны случаи построения цифровых моделей в заданных картографических проекциях.

**Растровая модель** (изображение) описывает характер исследуемого географического явления на всей территории и генерализирует реальный мир. **Растровая модель** представляет окружающий мир в виде регулярной сети ячеек. Растровая модель



является самой простой из распространенных моделей пространственных данных.

**Растр** – набор данных, имеющих географический характер, значения которых организованы в прямоугольный массив объектов. Ячейка – это элемент растра (пиксель), числовое значение которого может представлять самые разные данные.

**Растровое изображение** – это компьютерное представление рисунка, фотографии или иного графического материала в виде набора точек растра.

**Растровая модель данных** – цифровое представление пространственных объектов в виде совокупности ячеек растра (пикселей) с присвоенными им значениями класса объекта. Эти значения относятся к узлам решетки или к ее ячейкам. Шаг решетки (размер ячейки) называется разрешением растра.

## РАЗДЕЛ 3. ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЯМИ

### 3.1. Что такое Вегетация и Индекс вегетации (NDVI) [3]

**Вегетация** — это период активной жизнедеятельности (роста и развития) растений (с момента всходов до момента созревания).

**Индекс вегетации (NDVI, *Normalized Difference Vegetation Index* — нормализованный разностный индекс растительности)** — показатель, по которому можно оценивать и анализировать развитие биомассы растений во время вегетации. Зелёные листья растений поглощают электромагнитные волны в видимом красном диапазоне и отражают в ближнем инфракрасном. Чем больше листовая поверхность растений и чем больше хлорофилла (зелёный пигмент) в листьях, тем сильнее растения поглощают попадающий на них красный свет (и меньше его отражают). Индекс рассчитывается как разность значений коэффициентов отражения в ближней инфракрасной и красной областях спектра, делённая на их сумму. В результате значения NDVI меняются в диапазоне от -1 до 1.

Для зелёной растительности отражения в красной области спектра всегда меньше, чем в ближней инфракрасной за счёт поглощения света хлорофиллом. Поэтому значения NDVI для растительности не могут быть меньше нуля, для зелёной растительности индекс обычно принимает положительные значения от 0,2 до 0,8. При этом, чем больше зелёная масса растений в момент измерения, тем значение NDVI ближе к единице (рис.1.). Показатель NDVI — относительный, он не показывает абсолютных значений, но по нему можно достоверно оценить, насколько хорошо или плохо развивается посев.

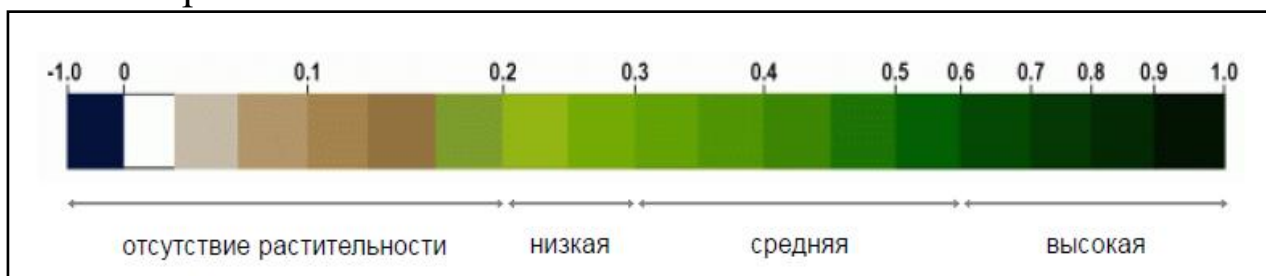


Рисунок 1. Шкала Индекса Вегетации (NDVI)

**Индекс NDVI** характеризует плотность растительности, позволяет аграриям оценить всхожесть и рост растений, продуктивность угодий. Индекс изменяется весь сезон, и его значения отличаются во время роста, цветения и созревания растений. В начале вегетации индекс нарастает, в момент цветения его рост останавливается, затем, по мере созревания, NDVI снижается. В зависимости от факторов и условий плодородия почвы, метеоусловий

и технологии возделывания культур скорость развития биомассы будет разной.

Основное назначение **Индекса вегетации** — картирование растительного покрова, оценка и мониторинг состояния растительности, оценка продуктивности и урожайности.

Наиболее точный прогноз урожайности посевов по **Индексу NDVI** можно дать в момент прохождения пика значения NDVI. Он обычно приходится на момент начала фазы колошения. Предположим, для озимой пшеницы — 0,8. Зная потенциальную урожайность сорта, можно прогнозировать, что при таком значении NDVI урожайность будет максимальной для данного сорта. Если в фазу колошения NDVI достигает значения 0,6–0,65, то это значит, что урожайность будет ниже максимальной на 20–25%. Поскольку NDVI связан с зеленой биомассой растений, а урожайность — это некая процентная часть биомассы.

**Индекс вегетации** — основной показатель, который использует Copio для дистанционного контроля сельскохозяйственных угодий. Исчисляется путем анализа спутниковых снимков. Расчёт индекса для каждого пиксела космического снимка по красной и ближней инфракрасной спектральным зонам позволяет получить производное изображение — карту NDVI.

Вы контролируете общее состояние посевов на каждом конкретном участке поля. По результатам анализа снимков и расчета **Индекса вегетации** система определяет проблемные участки и зоны угнетенной растительности. NDVI помогает контролировать качество аграрных работ, прогнозировать урожайность, принимать наиболее верные в долгосрочной перспективе решения, направленные на повышение урожайности (и многое другое).

### 3.2. Технология расчета Индекса вегетации

**Хлорофилл** — зеленый пигмент, содержащийся практически во всех растениях. Особенность элемента — способность поглощать красные лучи света и отражать инфракрасные.

Спутники, оснащённые различными видами съемочной аппаратуры, делают снимки (фотографии поверхности Земли из космоса) в разных спектральных диапазонах — **красном\*** и **инфракрасном\*\*** — и с разным разрешением. Зелёные листья растений поглощают электромагнитные волны в видимом красном диапазоне и отражают в ближнем инфракрасном. Чем больше листовая поверхность растений и чем больше хлорофилла в

листьях, тем сильнее растения поглощают попадающий на них красный свет (и меньше его отражают).

**\*Красный диапазон спутниковых снимков** — оттенки красного цвета на фотографиях, сделанных из космоса. Эта часть спектра воспринимается человеческим глазом.

**\*\*Инфракрасный диапазон спутниковых снимков** — невидимый для человеческого глаза спектр излучений на фотографии, сделанной из космоса. Инфракрасное излучение также называют «тепловым» излучением, так как инфракрасное излучение от нагретых предметов воспринимается кожей человека как ощущение тепла. При этом длина волн, излучаемые телом, зависит от температуры нагревания: чем выше температура, тем короче длина волны и выше интенсивность излучения.

**Индекс вегетации**, который рассчитывается как разность значений коэффициентов отражения в ближней инфракрасной и красной областях спектра, делённая на их сумму, — основной показатель, который использует Scorio [1] для дистанционного контроля сельскохозяйственных угодий. Индекс исчисляется путем анализа спутниковых снимков.

Снимки в красном и инфракрасном диапазоне представлены на рисунке 2.

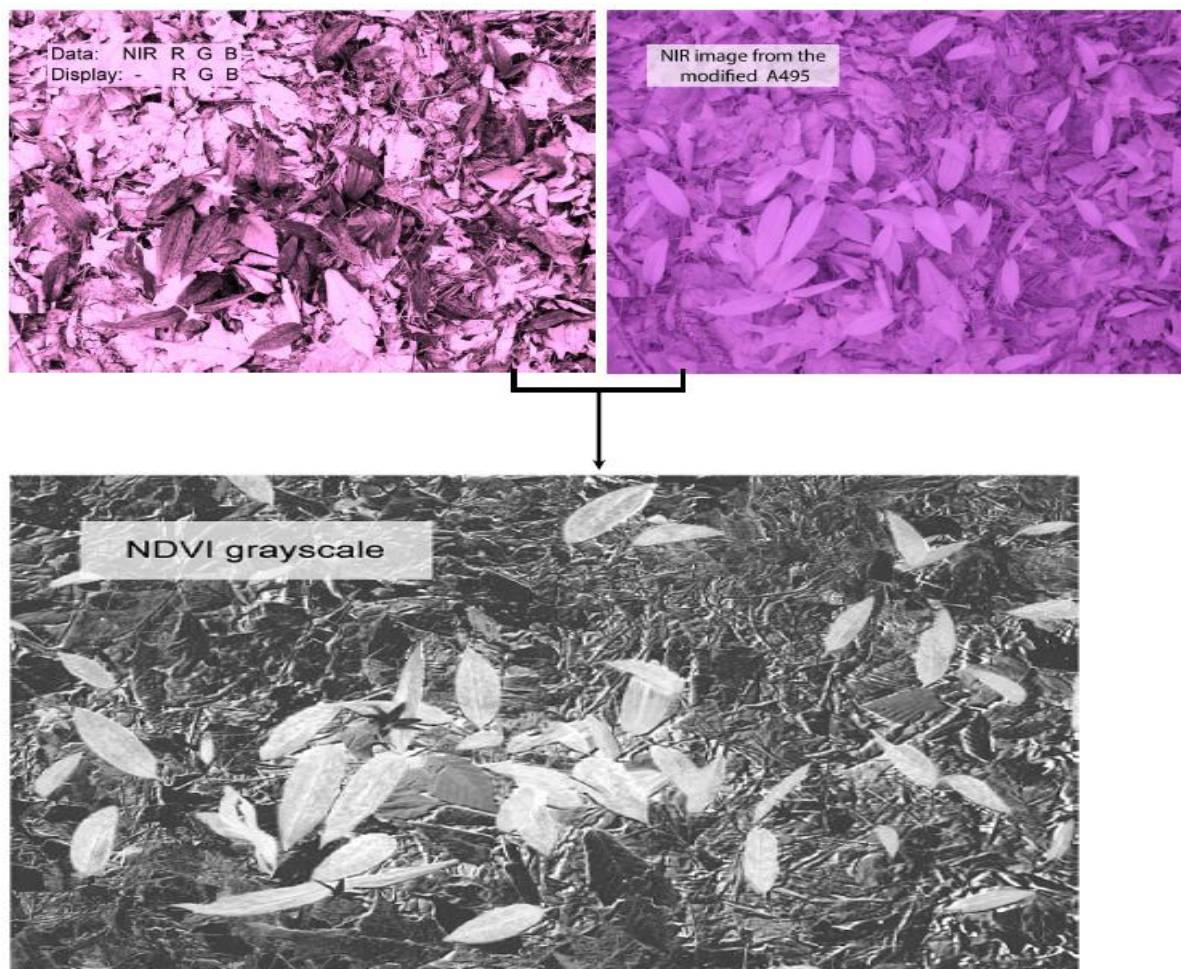


Рисунок 2. Снимки в красном и инфракрасном диапазоне [3]

### **Индекс вегетации (NDVI)**

**NDVI** может быть рассчитан на основе любых снимков высокого, среднего или низкого разрешения, имеющим спектральные каналы в красном (0,55-0,75 мкм) и инфракрасном диапазоне (0,75-1,0 мкм). Например, **Scorio** [1] автоматически анализирует такие снимки, представляя готовый результат в виде электронных карт вегетации и графиков.

**Scorio** [1] использует данные **около 10 разных спутниковых систем** (количество варьируется в зависимости от региона):

- **MODIS (Aqua, Terra)** делают снимки с разрешением 250 м на 1 пиксель, которые обновляются ежедневно (при условии безоблачной погоды);
- **Landsat 8** делает снимки высокого разрешения (15 м на 1 пиксель);
- **Sentinel 2 A, 2 B** делают снимки высокого разрешения (10 м на 1 пиксель);
- **MetOp-A / B** — данные о влажности почвы;
- **ERC-1/2** — данные о влажности почвы;
- **Landsat 7** — данные о температуре почвы.

Все снимки откалиброваны — **приведены к единому стандарту**. То есть снимки с разных спутников можно сравнивать друг с другом.

Спутниковые снимки, как и снимки с беспилотных летательных аппаратов могут быть использованы как один из инструментов повышения продуктивности (урожайности) для агрокомпаний.

**Снимки, которые определяют средний Индекс вегетации,** имеют разрешение **250 метров на 1 пиксель**. Это снимки **среднего разрешения**. Они обновляются **ежедневно** примерно с 12.00 до 14.00 по местному времени (при условии безоблачной погоды).

### ***ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ!***

Данные последних значений среднего NDVI могут немного корректироваться, то есть последнее значение Индекса Вегетации культуры может измениться в течение нескольких дней после того, как будет получен новый, лучший, снимок, и пересчитаны данные.

**ПРИМЕР.** Есть снимок поля за 15 мая, данные — с одного спутника, во время съемки над полем была дымка. 18 мая был сделан новый снимок двумя спутниковыми системами, более четкий, без вмешательства объектов, которые искажают Индекс Вегетации. Спутниковые данные за 15 мая признаются ненадежными и

отбрасываются. Данные среднего Индекса Вегетации за 15 мая, после получения нового снимка, пересчитываются и корректируются.

Есть два источника NDVI данных:

- первый — чуть менее точный, но данные поступают сразу.
- второй — точнее, но задержка в получении этих данных достигает 2-4 дня.

Поэтому после пересчета NDVI данные могут быть немного скорректированы — обычно в пределах статистической погрешности, т.е. нескольких процентов.

**Спутниковые снимки высокого разрешения** имеют разрешение **10 и 15 метров на 1 пиксель**. С **2016 года** они обновляются **2-3 раза в неделю** (до 2016-го — **1 раз в неделю**). Частота съемки также может варьироваться в зависимости от индивидуального местонахождения объекта (рис. 3).



Рисунок 3. Спутниковые данные полей [3]

Такие снимки дают в 4 раза большую точность. Полноцветные снимки предоставляют дополнительную информацию о состоянии посевов на конкретном поле. Использование таких снимков вместе со снимками NDVI помогает более точно определить причины отклонений в развитии полей.

*Карта вегетации* формируется из спутниковых снимков, которые обновляются ежедневно (при условии безоблачной погоды). На основании спутникового снимка для каждого отдельного поля рассчитывается *Индекс вегетации (NDVI)*. На *Карте* (слева) — *Шкала вегетации* и расшифровка соответствия значения *NDVI* цвету каждого поля.

На примере используется стандартная *Шкала вегетации*, где *Индекс вегетации* может принимать значение от **0** до **1** (рис.4).

***Индекс вегетации на уровне:***

- **0,05 – 0,3** — цвет поля на *Карте* **коричневый** = **полное отсутствие растительности** (значение может варьироваться в зависимости от технологии обработки почвы).

- **0,3 – 0,4** — цвет поля на *Карте* **желтовато-коричневый, желтый** = **низкий уровень растительности** (первые всходы (или наличие сторонней растительности, в том числе — если не производился сев сельскохозяйственной культуры; значение может варьироваться в зависимости от технологии обработки почвы).

- **0,4 – 0,6** — цвет поля на *Карте* от **желтого до светло-зеленого** = **средняя растительность** (значение может варьироваться в зависимости от технологии обработки почвы).

- **0,6 и выше** — цвет поля на *Карте* от **зеленого до темно-зеленого** = **высокая растительность** (активная фаза развития культуры, густая и здоровая растительность; чем выше *Индекс вегетации*, тем более высокая концентрация растений на поле).

Если поля на *Карте* окрашены в белый цвет, то это значит, что на их поверхности лежит снег.



Рисунок 4. Шкала вегетации [3]

3) Точно такие же значения у Индекса вегетации и для **Снимков** в контрастных цветах (рис. 5).



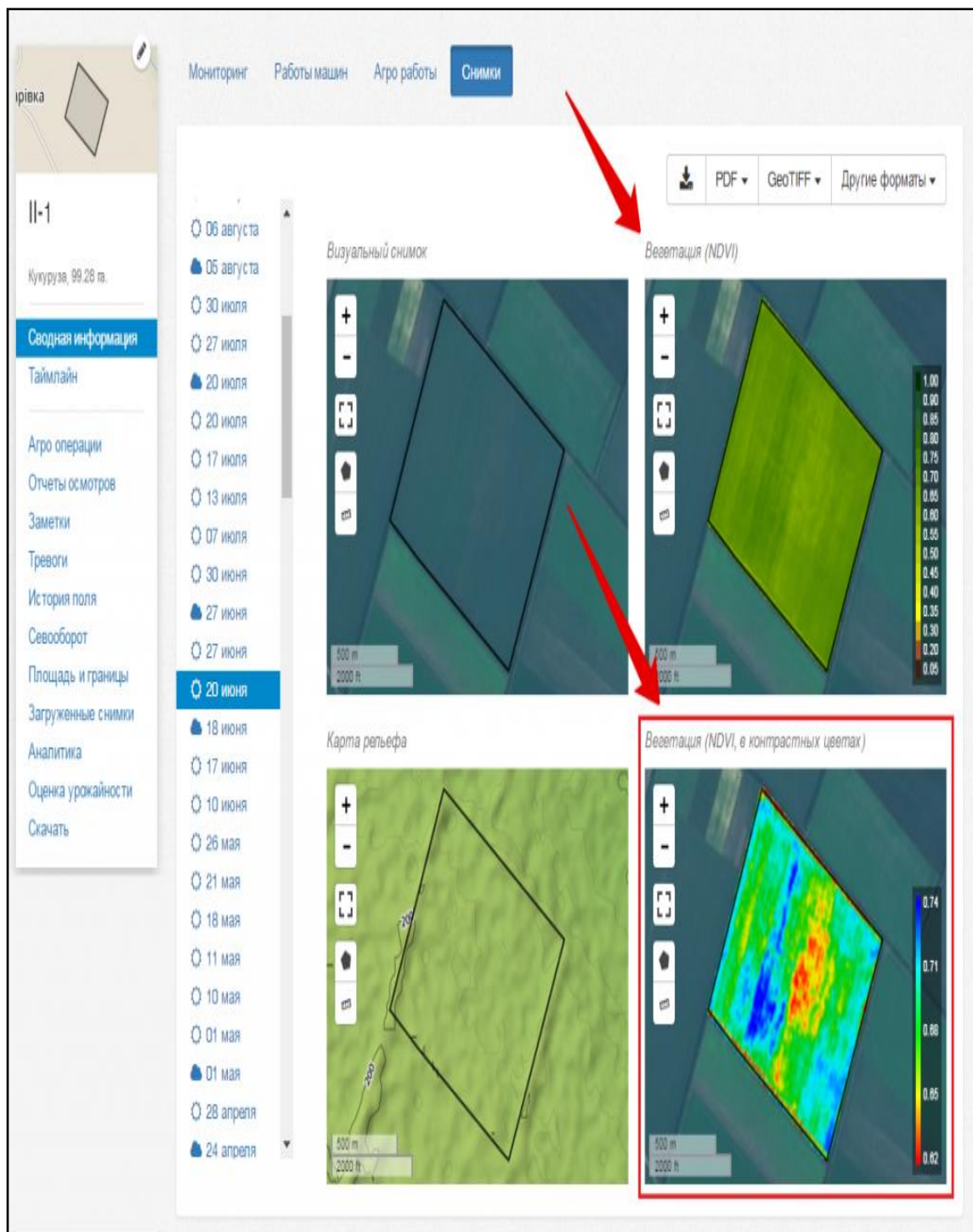


Рисунок 5. Снимки в контрастных цветах [3]

На снимках в контрастных цветах лучше видно, в какой части поля есть зона с низкой вегетацией. **Зоны вегетации: красный цвет** — низкий уровень вегетации (или отсутствие вегетации); **жёлтый цвет** — низкий индекс NDVI – низкий уровень вегетации; **зеленый цвет** — средний уровень вегетации; **синий цвет** — высокий уровень вегетации.

По отклонению от максимального значения *Индекса вегетации* на поле можно определить проблемная такая зона, или нет. К примеру, если синий цвет соответствует значению индекса в 0,7, а

красный в 0,65, то зона — не проблемная. А если же синий — 0,7, а красный — 0,3, то данный участок — проблемный.

**ВАЖНО!** Допустимое колебание уровня вегетации в разрезе поля в активную фазу развития культуры должно составлять +/- **0,05-0,08** пункта.

**ВНИМАНИЕ!** Выводы по развитию полей, площадь которых не превышает 10 га, остаются на усмотрение пользователя, так как степень усредненности данных о вегетации (искажение NDVI) на этих полях выше, в виду их маленького размера.

**ВАЖНО!** В момент сева культуры на поле **НЕ** должно быть никакой сторонней растительности, т.е. *Индекс вегетации* должен быть меньше **0,25-0,3**. Впрочем, значение может варьироваться в зависимости от технологии обработки почвы. К примеру, при использовании технологии *No-till* (когда производится посев семян в почву, которая не подвергалась никакой обработке) значение *Индекса вегетации* может составлять **0,35-0,4**.

Для каждой культуры есть свои сроки всходов после посевной. Например, первые всходы яровой пшеницы, как правило, появляются на 15-й день после сева (информация из справочника; также влияет погода, температура почвы и другие факторы). Значит с 15-го дня после сева *Индекс вегетации* должен расти. Если Вы сравниваете 10 полей с одинаковой датой сева, то на всех 10 полях *Индекс вегетации* должен быть примерно одинаковым (допускается отклонение до 01 в активную фазу роста). Если же на каком-то из этих 10 полей *Индекс вегетации* ниже (не в пределах статистической погрешности) на стадии всходов, то на это поле уже стоит обратить внимание.

Учитывайте, что в осенне-зимний период озимые культуры могут пострадать от резких колебаний температур, из-за чего на поле могут иметь место зоны с низкой вегетацией. При условии здорового развития культуры в весенний период и своевременного проведения полевых работ (подкормка, внесение удобрений), растения довольно быстро восстанавливаются на таких участках. В противном случае, может иметь место потеря урожайности на отдельных зонах поля.

**ВАЖНО!** Каждый сорт определенной культуры имеет свое уникальное максимальное значение вегетации. На участках, где больше зеленой массы, максимальное значение *Индекса вегетации* будет выше.

## РАЗДЕЛ 4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТОЧНОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

### 4.1. Лабораторная работа. Мониторинг использования элементов точного сельского хозяйства в районах Красноярского края

**Точное сельское хозяйство** (Precision Agriculture) включает две подсистемы – точное земледелие и точное животноводство.

По данным Д. Шпаара, А. В. Захаренко, В. П. Якушева (2009): **точное земледелие** (Precision Farming) – интегрированная сельскохозяйственная производственная система, основанная на достижениях информационных технологий, использовании системы автоматического управления и регулирования тракторами и сельскохозяйственными машинами и оборудованием, сенсорной техники и общей компьютеризации всех процессов сельскохозяйственного менеджмента и направленная на оптимизацию агротехнологий и стабилизацию продуктивности агроценозов при минимальном отрицательном воздействии на окружающую среду.

**Точное животноводство** (Precision livestock farming) – общее требование ко всем животноводческим процессам, которое создает возможности для экономически эффективного выполнения новых требований с помощью современной техники, электронной идентификации отдельных животных или групп содержания, регистрации данных о процессах и о продукции, переработке информации.

В формировании научно-обоснованного прогноза необходима информация о хозяйствах, использующих новые технологии (элементов точного сельского хозяйства). В лабораторной работе необходимо для проведения мониторинга ознакомиться и организовать сбор статистической информации по формам и таблицам, которые разработаны Центром прогнозирования и мониторинга Кубанского ГАУ совместно с Департаментом научно-технологической политики и образования Минсельхоза России [4]. При сборе статистической информации рассматривалось три вопроса, представленные ниже (таблицы 1– 3).

1. Количество хозяйств в регионе (по районам) с указанием названия хозяйства, площади и используемых элементов точного сельского хозяйства (точного земледелия и точного животноводства).

Таблица 1– Использование элементов точного сельского хозяйства

Наименование хозяйства	Район	Площадь, га	Используемые элементы (с указанием названия и количества)
------------------------	-------	-------------	---

### Точное земледелие

			1. Определение границ полей с использованием спутниковых систем навигации
			2. Локальный отбор проб почвы в системе координат
			3. Параллельное вождение
			4. Спутниковый мониторинг транспортных средств
			5. Дифференцированное опрыскивание сорняков
			6. Дифференцированное внесение удобрений
			7. Дифференцированный посев
			8. Дифференцированное орошение
			9. Дифференцированная обработка почвы по почвенным картам
			10. Мониторинг состояния посевов с использованием дистанционного зондирования (аэро- или спутниковая фотосъемки)
			11. Составление цифровых карт урожайности
			12. Составление карт электропроводности почв

### Точное животноводство

Наименование хозяйства	Район	Поголовье (КРС)	Используемые элементы (с указанием названия и количества)
			1. Мониторинг качества продукции животноводства
			2. Электронная база данных производственного процесса
			3. Идентификация и мониторинг отдельных особей животных с использованием современных информационных технологий (рацион кормления, удой, привес, температура тела, активность), удовлетворение их индивидуальных потребностей
			4. Мониторинг состояния здоровья стада
			5. Роботизация процесса доения
			6. Автоматическое регулирование микроклимата и контроль за вредными газами в животноводческих

			помещениях
--	--	--	------------

2. Количество сотрудников (по районам), прошедших повышение квалификации по направлению «Точное сельское хозяйство» («Точное земледелие» или «Точное животноводство»), с указанием названия программы обучения:

Таблица 2 – Повышение квалификации

Наименование хозяйства	Район	Количество человек	Название программы

3. Количество и наименование действующих программ по развитию, поддержке и внедрению элементов точного сельского хозяйства:

Таблица 3 – Программы по развитию, поддержке и внедрению элементов точного сельского хозяйства

Название программы	Период действия

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В методических указаниях приведены в основном теоретические материалы, необходимые для освоения дисциплины «Мониторинг и обработка данных в агропромышленном комплексе». Основу приведенных теоретических материалов составляют обзоры современных интернет – ресурсов и статей по основам мониторинга автоматизации АПК. В Раздел 2 включены ряд терминов и теоретических данных из электронного курса Красноярского аграрного университета «Создание цифровой земельно-кадастровой карты территории средствами ГИС». Раздел 3 включает теоретический и графический материалы из Академия Cropwise — современной платформы для онлайн обучения по проблемам цифровизации сельского хозяйства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Меденников, В.И. Основы мониторинга информатизации АПК / В.И. Меденников, В.Т. Сергованцев, С.Г. Сальников, К.Г. Бородин. 2004.- 29 с. - Текст: электронный / Текст электронный. - URL: <http://www.viapi.ru/download/2015/8999.pdf>
2. Ерунова М.Г. Создание цифровой земельно-кадастровой карты территории средствами ГИС / Текст электронный. - URL: <https://e.kgau.ru/course/view.php>
3. <https://academy.operations.cropwise.com/lesson/gde-najti-kartu-vegetacii-i-kak-interpretirovat-znachenie-indeksa/>
4. Труфляк, Е.В. Мониторинг и прогнозирование в области цифрового сельского хозяйства по итогам 2018 г. / Е. В. Труфляк, Н. Ю. Курченко, А. С. Креймер. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – 100 с.

**Мониторинг и обработка данных в агропромышленном  
комплексе**

**Методические указания**

**Шевцова Любовь Николаевна**

*Электронное издание*