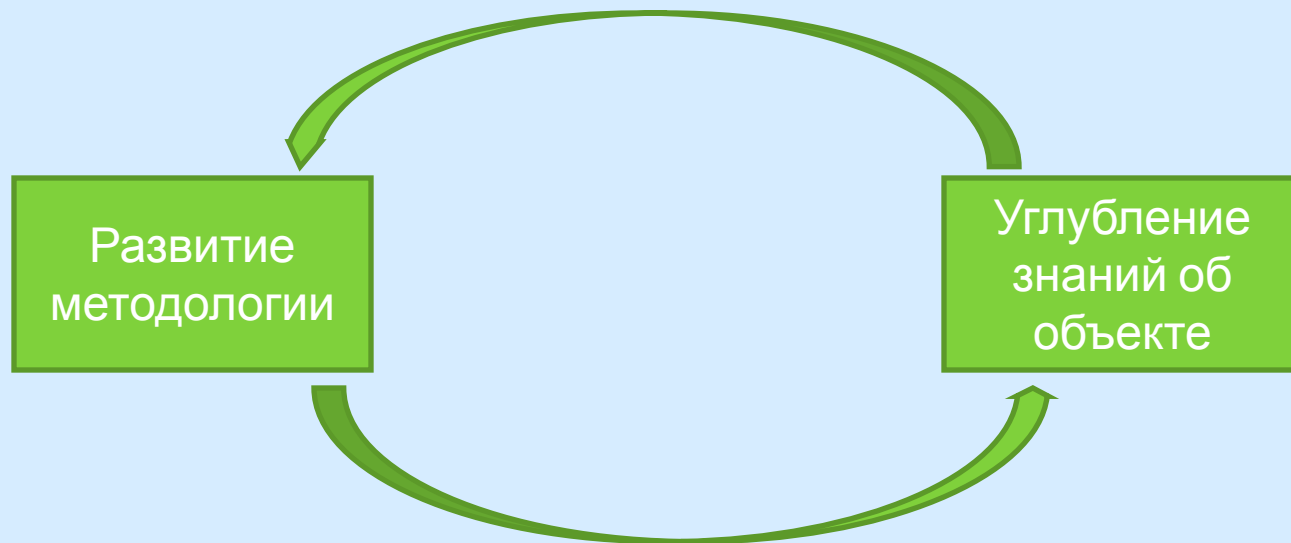


# Методы исследования в почвоведении: проблемы и перспективы

Автор: профессор О.С.  
Безуглова

Развитие науки можно рассматривать как углубление знаний об объекте исследования. Это не возможно без создания и расширения инструментальной и методологической базы.



# Почва

- Почва самостоятельное естественноисторическое биокосное природное тело, возникшее и развивающееся на поверхности Земли под действием биотических, абиотических и антропогенных факторов
- Нижняя граница этого природного тела определяется глубиной, на которую произошло существенное изменение горной породы процессами почвообразования (обычно до 1-3 метров).
- В экстремальных условиях тундры, пустыни или в горах мощность почвенной толщи может измеряться несколькими сантиметрами.
- Боковые границы почвенных образований определяются как границы раздела между элементарными почвенными ареалами.

Итак, почва сложная система, а, следовательно, для описания ее свойств и классификации почв необходима целая система методов, затрагивающая разные сферы знания (физические методы, химические методы и т.д.)

При этом на разных уровнях приближения необходимы свои, актуальные в данном случае методики.

# Почва имеет многоуровневую структурную организацию

- Атомарный уровень
- Кристалломолекулярный или молекулярно-ионный уровень
- Уровень элементарных почвенных частиц (ЭПЧ) — фракций, определяемых в ходе гранулометрического анализа
- Почвенные микро- и макроагрегаты, а также новообразования
- Генетический почвенный горизонт
- Почвенный профиль
- Структуры почвенного покрова

Каждый из перечисленных уровней требует специфических методов исследования и способов воздействия.

При исследованиях на нижних уровнях организации в почвоведении применяются методы разработанные ранее для других естественных наук: химии, физики, геологии, минералогии, биологии, биохимии, гидрологии и др. — обычно в модификациях, учитывающих почвенную специфику.

# На более высоких уровнях используются специфические методы, которые можно объединить в группы:

- **Профильный метод**
- **Сравнительно-географический метод** (а также сравнительно-геоморфологический и сравнительно-литологический) заключаются в выявлении закономерностей между строением, составом и свойствами почв с факторами почвообразования, определенным образом варьирующимися по земной поверхности.
- **Сравнительно-исторический метод** построены на основе принципа актуализма, который позволяет реконструировать по реликтовым (не выводящимся из современных факторов почвообразования) свойствам почв условия их существования в предыдущие эпохи.
- **Стационарный метод** дают возможность изучать почвенные режимы: водный, тепловой, газовый, окислительно-восстановительный и др. Метод лежит в основе биосферного мониторинга. Сюда относятся методы почвенных лизиметров и стоковых площадок.
- **Картографический метод**, применяемые для составления карт почвенного покрова. Для этого применяются методы других типов (сравнительно-географический) и даже наук (геодезии — в особенности аэрокосмические методы) в сочетании со специфическими (например, метод почвенных ключей — изучение закономерностей структуры почвенного покрова на небольшой территории и построение по ним карты большой территории). Закономерности распространения почв на поверхности Земли в целях почвенно-географического районирования изучает раздел почвоведения — география почв.
- **Метод моделирования** состоит в экспериментальном воспроизведении изучаемых явлений на основе контролируемых условий полевого или лабораторного опыта, а также использование математических моделей.

# МЕТОДЫ ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ПОЧВОВЕДЕНИИ

1. Профильный метод
2. Морфологический метод
3. Метод почвенных ключей
4. Метод почвенных монолитов
5. Метод почвенных лизиметров
6. Метод почвенно-режимных наблюдений
7. Балансовый метод
8. Метод почвенных вытяжек
9. Аэрокосмические методы
10. Радиоизотопные методы
11. Экспедиционные методы
12. Стационарные методы

**В почвоведении широко используется системный методический подход**



# Начиная исследование, первое что надо сделать - определиться с выбором методики

Шаг  
1

Объект

Шаг  
2

Определение  
объекта  
(границы  
объекта)

Шаг  
3

Методика

Шаг  
4

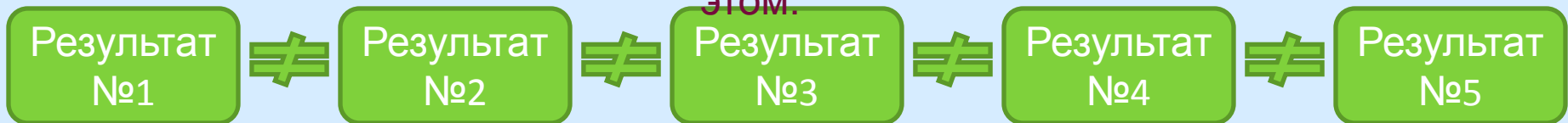
Результат

При этом предполагается, что методика исследования может включать использование различных методов. Количество методов, их конкретное наполнение диктуется целью исследования.

На практике все выглядит именно так:

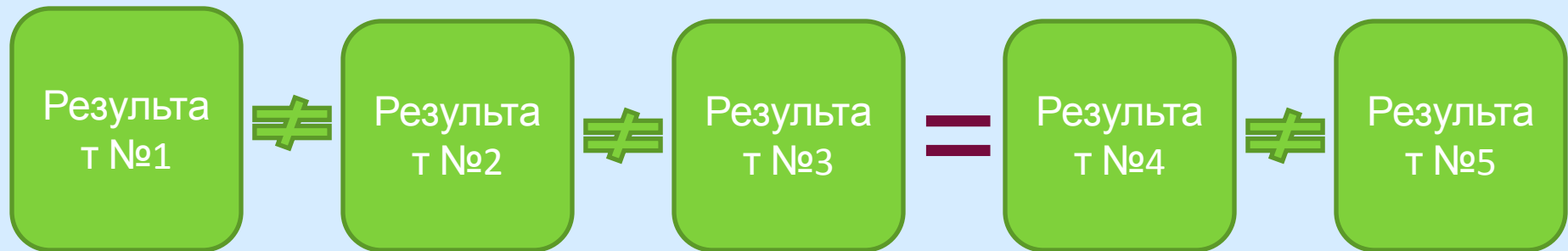


При этом:



И это позволяет охарактеризовать объект с разных сторон

В зависимости от целей исследования, разработанной методологии и выбранных методов ситуация может быть и иной, например:



# Все имеющиеся у нас методы можно разделить на 2 группы:

- Полевые – их преимущество в том, что они позволяют изучать почву в ненарушенном сложении
- Лабораторные (точность; сопоставимость результатов, накопленных за долгие годы), разновидностью которых являются инструментальные (скорость выполнения; простота выполнения; широкие возможности применения в мониторинге почв)

# Профильный метод

**Морфологический метод исследования в сочетании с профильным позволяет провести диагностику в полевых условиях**

**Профильный метод** заключается в изучении системы почвенных генетических горизонтов, включая почвообразующую породу с целью сравнения их свойств и состава с породой. Найденные различия позволяют судить о направленности процессов почвообразования, непосредственное наблюдение за которыми невозможно. При этом применяется ряд допущений:

- Исходная порода не была слоистой
- Образец эталонной породы существенно не менялся за период почвообразования
- Процесс почвообразования всё время существования почвы протекал в одном направлении

Невозможность какого-либо из допущений приводит к усложнению интерпретации результатов профильного метода.



Однако полевые исследования всегда необходимо дополнять лабораторными, уточняя, детализируя информацию, полученную в поле.

Классические методы исследования, принятые в почвоведении, базируются на приемах и методах, разработанных другими науками – аналитической химией, физикой.

**Физико-химические методы анализа позволяют определить вещественный состав почв**

# Основные требования к методам

1. Простота выполнения
2. Высокая скорость выполнения
3. Максимальная универсальность метода
4. Воспроизводимость результата

# Пути решения данной проблемы:

- Создание новых методов на основе современных знаний о почве;
- Комбинирование уже разработанных лабораторных и инструментальных методик (поиск «золотой середины»).



# Инструментальные методы значительно ускоряют и облегчают физико-химический анализ

## Потенциометрический метод

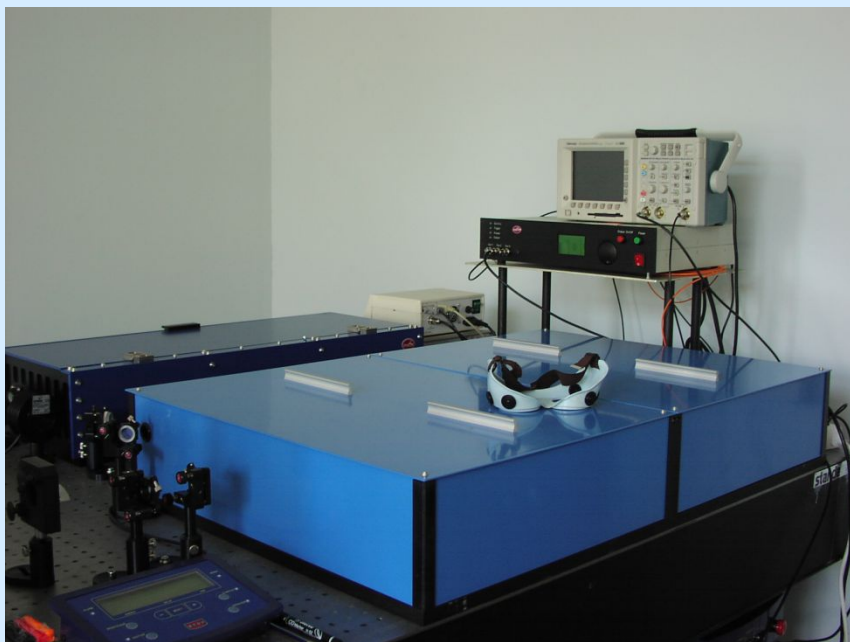


## Фотоколориметрический метод



# Современные методы физико-химического исследования почв

## Спектроскан



## СНН-анализатор



Однако мало получить  
информацию о почве. Надо  
уметь ее правильно  
интерпретировать

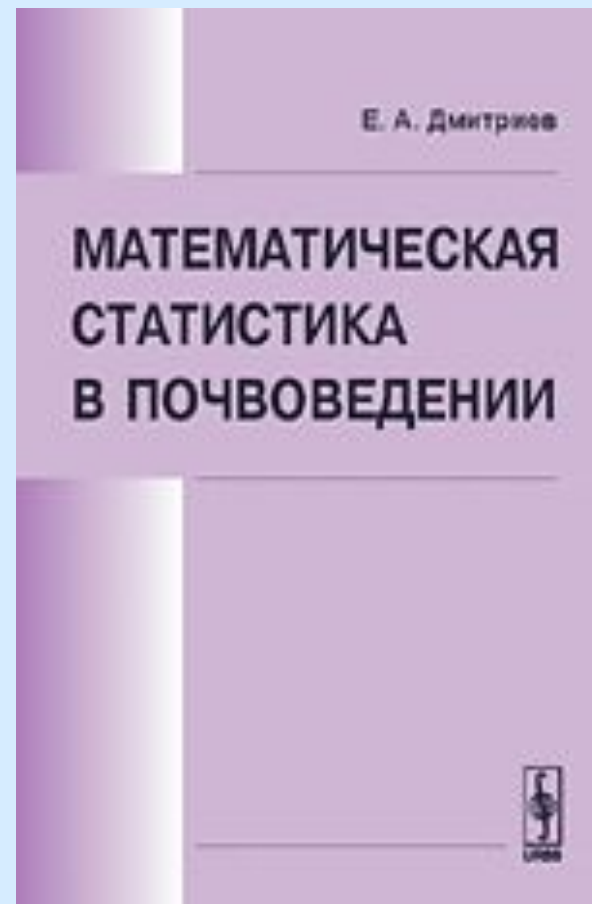
# Метод математической статистики

- Обращение к статистике происходит на этапе осмысливания собранного фактического материала, и при этом очень часто обнаруживается, что стоящие перед исследователем задачи можно было бы успешно решить с помощью некоторого статистического приема, однако техника сбора эмпирической информации оказалась такой, которая использование этого приема анализа исключает.
- Статистические методы не менее требовательны к особенностям данных, способам их получения и организации, чем обычные методы анализа почв, регламентирующие способ подготовки образцов, чистоту реактивов и пр. Например, недопустимо определять содержание гумуса по Тюрину, не отобрав крупных корней и не растерев соответствующим образом пробу почвы, хотя технологически такой анализ выполним и даст какой-то результат.
- Статистические анализы также обычно технологически выполнимы, но это отнюдь не свидетельствует о принципиальной применимости соответствующего метода.
- Об обеспечении пригодности того или иного статистического метода нужно заботиться существенно раньше, чем на стадии анализа данных.

# Евгений Анатольевич Дмитриев

Развитие математических, в том числе статистических методов исследования в почвоведении во многом осуществлялось благодаря работам Е.А.Дмитриева. Он настолько хорошо изучил математическую статистику, что написанный им учебник выдержал самую придирчивую критику математиков -- специалистов по математической статистике, теории вероятностей и пр. Учебник Е.А.Дмитриева до сих пор не превзойден по ясности и доступности изложения, по оригинально подобранным примерам из почвоведения и надолго останется настольной книгой почвоведов.

Е.А.Дмитриев - доктор биологических наук, профессор, действительный член Международной академии высшей школы, заведующий кафедрой общего земледелия факультета почвоведения МГУ (1979--1999), член редколлегии журнала "Почвоведение". В 1954 г. закончил биолого-почвенный факультет МГУ им. М.В.Ломоносова. В 1958 г. защитил кандидатскую и в 1984 -- докторскую диссертации. Автор около 200 работ в области почвоведения. Награжден орденом "Знак почета" (в 1980 г.) и медалями.



# Использование метода математической статистики предполагает, что исследователь должен:

- -- более четко, более конкретно сформулировать те вопросы, на которые должен быть получен ответ, в терминах и понятиях соответствующей области знания;
- -- перевести эти вопросы на язык статистических задач, на язык абстрактных понятий математической статистики;
- для решения соответствующей статистической задачи среди известных статистических методов выбрать наиболее подходящий, учитывая при этом специфику объекта исследования, особенности изучаемого свойства, возможные способы опробования объекта и технические возможности их реализации и пр.;
- зная требования к данным, подлежащим статистическому анализу, и условия применимости выбранного статистического метода, спланировать сам эксперимент;
- провести эксперимент;
- -- полученные в эксперименте результаты подвергнуть статистическому анализу ранее запланированным методом и на основании такого анализа сделать выводы и заключения, сформулированные в терминах и понятиях математической статистики;
- -- сформулировать выводы и заключения на языке конкретной науки.

# Проблемы

- Трудности в реализации всех этапов проведения эксперимента имеют разную природу и не могут быть оценены с единых позиций. Но если считать, что необходимость как получения эмпирических данных, так и их статистического анализа, обсуждению не подлежат, то наиболее трудными этапами оказываются:
- Переформулировка задач с языка специальной науки на язык математической статистики, с одной стороны, с другой – **перевод результатов исследования, полученных в понятиях и терминах статистики и теории вероятностей, в выводы на языке конкретной науки**. И дело здесь не только в том, что в первом случае, например, нужно знать методы, пригодные для решения статистических задач того или иного характера. Это само собой разумеется. Существенно более важно другое - наличие умения и опыта мыслить статистически
- Понимание того, что без представлений о вероятностной природе явлений едва ли удастся дать достаточно естественное описание тех сложных структур, с которыми имеет дело экспериментатор. Математическому мышлению, предполагающему строгость в употреблении понятий и логичность заключений, умению видеть статистическую природу изучаемых явлений, нужно учиться, без этого почвоведение не сможет стать на уровень современных требований развития науки.

# Проблемы

- Статистические законы в почвоведении действуют независимо от исследователя и вне связи с тем, используются статистические методы или нет, знает почвовед теорию вероятности и математическую статистику или представления о них не имеет. Объективность действия статистических законов, вероятностный характер подавляющего большинства явлений, с которыми имеет дело почвовед, определяет необходимость не только широкого привлечения соответствующих математических методов, но прежде всего умения мыслить вероятностно-статистическими категориями.
- Академик Б.В.Гнеденко писал: "Математизация знаний в период научно-технического прогресса является не данью моде или прихотью математиков, а неизбежной необходимостью. Много веков назад великий английский мыслитель Френсис Бэкон сказал, что как для повышения урожая плодов необходимо, в первую очередь, ухаживать не за ветвями дерева, а за его корнями, давая им подкормку, взрыхлять почву, так и для прогресса научного познания законов природы и использования в жизненной практике необходимо наши знания поставить на точную количественную основу. А там, где речь идет о количестве, там не обойтись без математики, без широкого привлечения ее понятий, методов и специфических для нее методов мышления".
- Привлечение математических понятий и методов в почвоведение идет и достаточно успешно. Сложнее обстоит дело с освоением методов математического мышления.



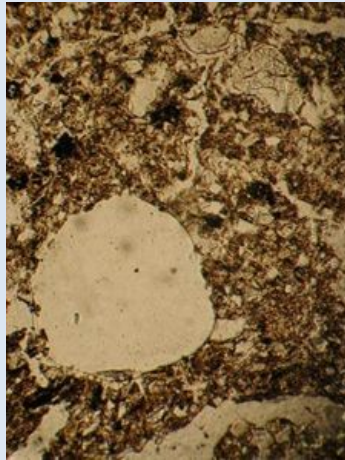
В последние годы активно  
разрабатываются новые  
направления в исследовании  
почв.

Они позволяют обеспечить  
получение знаний о почве в ее  
ненарушенном состоянии.

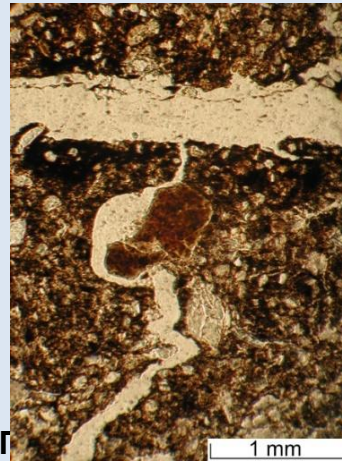
# Микроморфологический метод

- **В микроморфологии почв**, в той или иной степени, повторяется картина макросложения, а также вскрываются специфичные особенности почв, невидимые невооруженным глазом.
- Основная особенность в использовании микроскопии в том, что исследователь рассматривает почву в ненарушенном состоянии, как единое целое, в котором в деталях просматриваются все составляющие, в характерных формах и по взаимному расположению.
- Микроскопия почв позволяет провести прямой подсчет пор, дать качественную оценку порозности агрегата, определить минералогическое составляющее образца.
- Для микроморфологического анализа почв готовят тонкие шлифы толщиной 0,02 – 0,03 миллиметра. Техника изготовления шлифов зависит от величины микрочастиц образца.
- Широкий спектр исследуемых параметров почв влечет за собою привлечение почти всех методов микроскопии (светопольного, поляризационного, флуоресцентного метода) в проходящем и отраженном свете.
- Исследование шлифов проводится в проходящем свете светопольным методом – определяют размер пор, подсчитывают площадь порового пространства, фиксируют их конфигурацию.
- Подобное исследование можно проводить и в отраженном свете. Использование инвертированного или «металургического» микроскопа позволяет изучать образцы толщиной более 0,03 миллиметров.
- Диагностика минералов в почвенных шлифах проводится с помощью поляризационного метода микроскопии в иммерсионной среде. Рассматриваются поверхности минеральных зерен, плазмы, их взаимоотношения.
- Немаловажное значение при анализе почв имеет **бактериальный состав – количество и виды микроорганизмов в отобранном образце.**
- При исследования биологической активности почв используют люминесцентный метод или производят посев на мясо – пептидную среду с последующим количественным и качественным анализом.

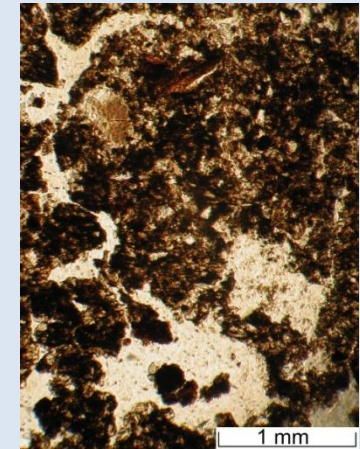
# микроморфологические срезы



**Дерновый горизонт  
Ад.  
Тонкодисперсный  
гумус типа мюль.  
Крупные  
биогенные поры**



**Горизонт А  
аккумулятивный гор. А,  
урбостратозем.  
Пропитка структурных  
отдельностей  
железисто-  
органическим  
веществом**



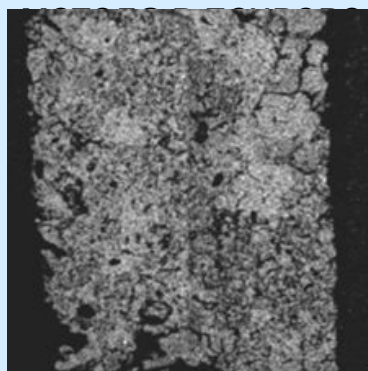
**Погребенный горизонт В.  
урбистратифицированн  
ый чернозем. органическое  
вещество представлено  
остатками углистого типа.**

Микроморфологическое исследование показало, что значительная часть агрегатов в поверхностных горизонте чернозема лесопарковой зоны представлена органоминеральными копролитами с хорошо выраженными резкими границами, им свойственен тонкодисперсный гумус типа мюль, равномерно пропитывающий глинистое вещество, что доказывает повышенную биотурбацию в данных почвенных разностях.

В экранированных урбостратоземе и урбистратифицированном черноземе органическое вещество представлено, как правило, остатками углистого типа, характеризующимися большей устойчивостью к трансформации почвенной биотой. Выявлен тонкодисперсный гумус типа мюль с присутствием мелких угольных частиц.

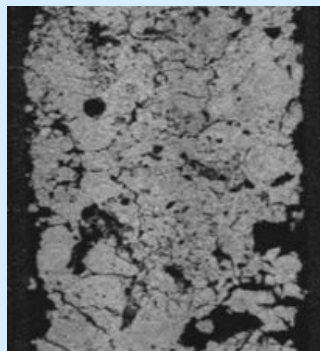
# Возможности микроскопических методов

- Особое значение в почвоведении имеет подсчет количественных параметров и фиксация результата, поэтому микроскопы, используемые в данной области, рекомендуют оснащать цифровыми камерами с возможностью подключения к персональному компьютеру.
- Диагностика минералов в почвенных шлифах проводится с помощью поляризационного метода микроскопии в иммерсионной среде. Рассматриваются поверхности минеральных зерен, плазмы, их взаимоотношения.
- При комплектации почвоведческих лабораторий микроскопами следует учитывать все выше перечисленные факторы – возможность проводить исследования разнообразными микрооптическими методиками, цифровая обработка полученных результатов.
- Современные качественные оптические системы, цифровое оборудование позволяют значительно повысить качество и информативность оптического

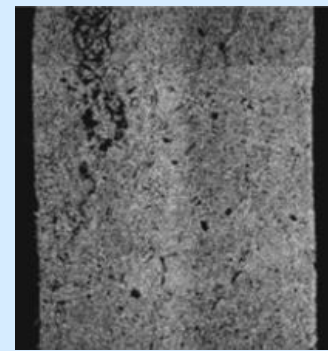


Чернозем залежь

дении.



Чернозем лесопарк



Чернозем погребенный

# Дистанционные методы исследования в почвоведении

- В настоящее время новым этапом в развитии методов дешифрирования ландшафтов являются методы, основанные на цифровой обработке космических изображений, которые уменьшают трудоемкость и увеличивают степень объективности дешифрирования некоторых характеристик ландшафтов и их компонентов по сравнению с визуальными методами. Многие из них также позволяют выявить особенности ландшафтов не только на качественном, но и количественном уровне.

# Приборы дистанционного зондирования

- Приборы дистанционного зондирования ASD, работающие на принципах спектрометрии, значительно расширили возможности исследователей. Мы больше не ограничены традиционными лабораториями, отнимающими много времени, и дорогостоящими методами тестирования. Приборы ASD имеют возможность измерения образцов, независимо от окружающей среды. Каждый день появляются все новые и новые задания для портативной спектрометрии
- Почвоведение
- Картографирование
- Сельское хозяйство и лесоводство
- Дистанционное зондирование с использованием самолета
- Разведка полезных ископаемых, горная промышленность
- Исследование снега и льда
- Исследования воды (моря, реки, озера)

# Зондирование с руки



# Приборы дистанционного зондирования

Портативный прибор  
дистанционного зондирования  
ASD

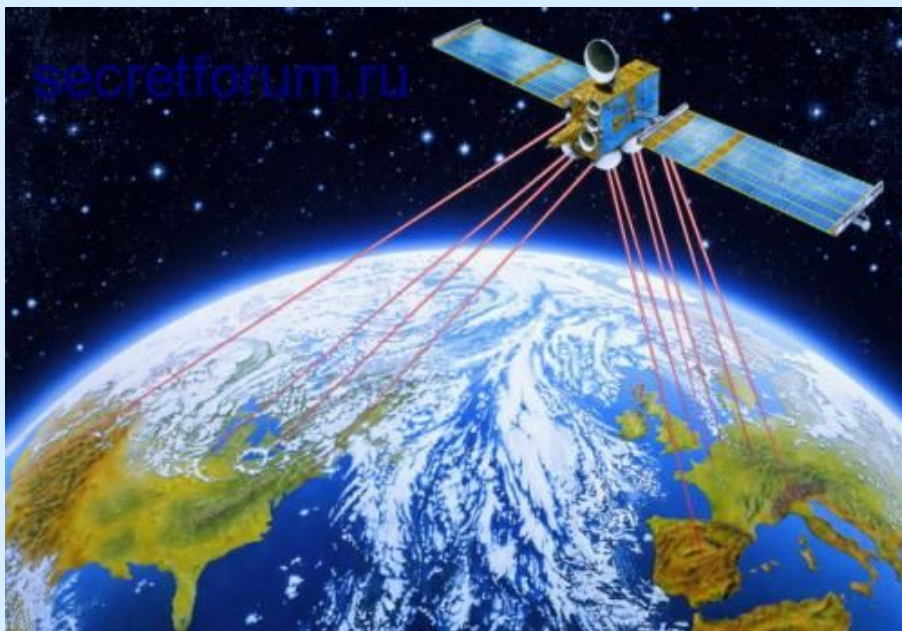


Зондирование с самолета,  
вертолета





# Зондирование из космоса



Спутники Д33



Геопортал

Наземная станция  
приема данных  
УниСкан™



# Литература



Глубокий анализ с методологической точки зрения всего арсенала методов исследования почв, которыми располагало почвоведение к 70-м гг. XX века, дал А.А. Роде в своем замечательном труде "Система методов исследования в почвоведении" (1971).

Факультет почвоведения МГУ опубликовал специальный сборник, посвященный вопросам истории и методологии почвоведения (История и методология естественных наук, 1980).



Успехов в науке !