



УНИВЕРСИТЕТ - ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КОРПОРАЦИЯ

опыт организации
подготовки «инженеров
будущего» по модели
«знания через
деятельность»

Александр Паршин

Научный руководитель института
«Сибирская школа геонаук» ИРНТУ

Вводный слайд. Университет и превосходство

- Часто обсуждается то, что привести высшее образование в соответствие с лучшими практиками и стандартами должно «производство» или «предприятие». **Тезис о том, что именно университеты в значительной степени должны определять, как будет работать индустрия сейчас и спустя время, не рассматривается**
- **Университет (или геологический институт) в России не является субъектом геологической индустрии.** Как правило в ведущих ВУЗах выделяются отдельные известные профессора или лаборатории, с которыми работают по узким тематикам.
- Если же предположить, что университет становится заметным RnD центром и участником геологического рынка, ведет исследования и разработки на «переднем крае» и успешно конкурирует с сервисными компаниями, то наверняка его профессора и студенты могут превосходить уровень среднего специалиста и двигать индустрию вперед. **Конечно, это невозможно, если индустриальный партнер ставит им задачи подготовки специалистов под существующие рабочие места.**
- **Университет имеет ряд преимуществ на рынке:** может вести долгие RnD, много людей с контролируемой подготовкой, недоступная бизнесу лабораторная база.... . **И много проблем, требующих встречного движения от индустрии.**



Быстрый геологопоисковый проект за 4 месяца – какое «производство» будет нас учить так делать?





Иркутский национальный исследовательский технический университет

<http://istu.edu/>



Lake Baikal 70 km →



- Около 18 000 студентов
- Входит в число 40 ведущих инженерных университетов России (Приоритет – 2030)
- Times Higher Education World University Rankings 2023 – 22 в России
- QS (EECA) Global University – 301-350 
- **UI Green Metric - 162** 

Основан в 1930	1960	1993	2010
Сибирский горный институт	Иркутский политехнический институт	Иркутский технический университет	Иркутский национальный исследовательский технический университет

Факультеты / Институты

1930	2020
Горный	Институт недропользования
Геологоразведочный	Сибирская школа геонаук →
Металлургический	Институт высоких технологий
 и еще 9



- **Гринфилд.**
- **Шесть департаментов:** рудной геологии, инженерной геологии, геоинформатики, прикладной геофизики, бурения, геоэкологии + несколько крупных лабораторий.
- **5 программ уровня специалитета.**
- **1 программа бакалавриата (англ).**
- Аспирантура.
- **Активный участник геологического рынка.**

Проект i.GeoDesign (2020-2024). Университет – геологическая корпорация

- **Стартовая ситуация.** Стремительно деградирующие остатки бывшего геологоразведочного факультета (ФГГГ), 1.5 образовательные программы, RnD программы нет, коммерческих проектов нет, материально-технического обеспечения почти нет.
- **Амбиция:** создание заметной в международном масштабе исследовательской, образовательной и коммерческой компании (вместе с консорциумом – корпорации), разрабатываемые которой методологии, технологии и стратегии заметно влияют на теорию и практику управления природными ресурсами в России и мире.
- **Первичной деятельностью (АВТОМАТИЧЕСКИ) являются исследования и разработки. Фокус исследовательской программы на первом этапе** – комплекс новых технологий ускоренных и экологичных геологоразведочных работ, формирующий конкурентное преимущество и низкую себестоимость владения, что позволяет реализовывать на данный момент не существующие или неработающие в РФ модели развития минерально-сырьевой базы.
- Следом идет **конкуренция на открытом рынке**, в рамках которой можно и нужно доказать свое превосходство.
- **Студенты** являются основными солдатами этой истории, они участвуют в реальной деятельности с самого начала, **владеют технологиями которых еще нет на рынке как привычной практикой**, и таким образом становятся «инженерами будущего».
- **Оценка качества образования в таком случае не является проблемой.** Если Университет как субъект индустрии успешен, и уровень массовой подготовки студентов устраивает нас самих – он устроит кого угодно.

Метрики развития:

- Изменение типа заказчика (от субподрядов у жадных мелких ООО в 2020 году - до контрактов на правильных условиях с лидерами горно-геологической индустрии в настоящее время).
- Принятие методов и технологий SSG как приемлемых отраслевых стандартов (измеряется ростом количества проектов с оригинальными технологиями).
- Изменение типа выполняемых проектов (от сервисных узкотематических работ – к комплексным проектам интересным в научно-методическом отношении).
- Выход на новые рынки (от разных регионов РФ до стран востока Евразии, затем Африки).
- Партнерства с ведущими академическими организациями восточной Евразии - признание нашего уровня.
- Реализация собственных горных проектов.
- Изменение типа абитуриента (случайный региональный – специально приехавший к нам).
- Академический успех студентов (победы в профессиональных конкурсах и конференциях).



Развитие проекта i.GeoDesign

2021 - 2024

Университет –
геологоразведочная корпорация

1. Переход от выполнения отдельных геологоразведочных задач к комплексным геологопоисковым проектам по заказу крупных компаний
2. Апробация и внедрение оригинальных технологий ускоренной геологоразведки
3. Образовательные программы под опережающий уровень технологий



Разработка комплекса новых технологий и методов, позволяющих ускорить и удешевить ГРП и обеспечить высокую мобильность

ИРКУТСКИЙ
ПОЛИТЕХ

приоритет2030^
лидерами становятся

2025 - 2027

Университет – международная школа геонаук

Не только геологоразведка

- Комплексные исследования в области наук об окружающей среде и о Земле

Выход на международные рынки через академические партнерства

- Международные научные и образовательные проекты в КНР, Индии, Монголии, Нигерии, Эфиопии и странах СНГ
- Международные научные и образовательные проекты в Прибайкалье

Пилотные бизнес-проекты по экспорту технологических сервисов

Юниорный геологический бизнес для развития минерально-сырьевой базы РФ



Апробация новых бизнес-моделей, основанных на технологиях и правильно подготовленных кадрах

2028 - 2030

Университет – международный центр компетенций в области разведки недр и охраны окружающей среды

- Широкий набор компетенций в области исследований и охраны окружающей среды, разведки недр, инженерных геонаук
- Передовой международный геологический сервис по оригинальным стандартам геоисследований
- Комплексная подготовка специалистов, готовых работать по всему миру
- Снятие экологических и венчурных рисков для российских недропользователей
- Ежегодное открытие новых рентабельных ресурсов и запасов в интересах РФ

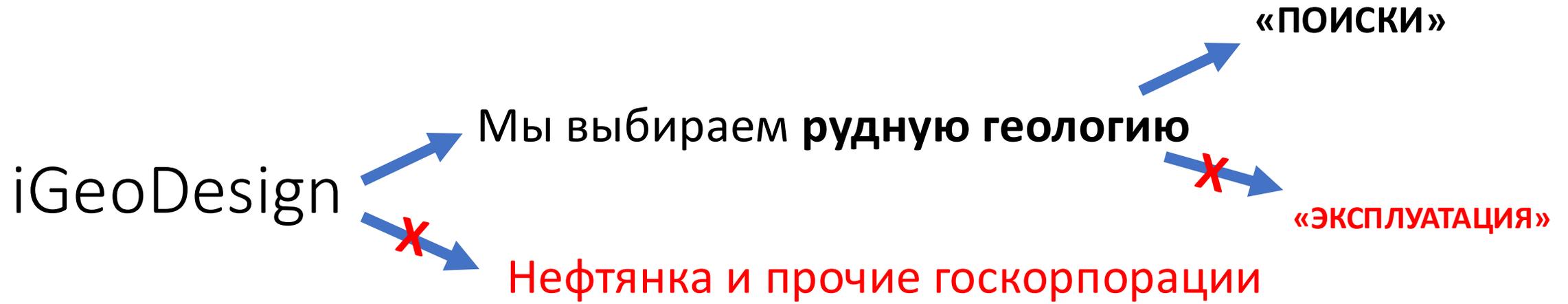


Технологическое и компетентностное лидерство на мировых рынках

Принципы программы развития

1. **Выпускники** – специалисты в области устойчивого развития МСБ, широкий кругозор и опыт различных видов геоисследований, способность принимать решения и действовать, способность создавать, выраженные организаторские компетенции, наличие исследовательского опыта. *Поиски, не эксплуатация*
2. **Программа RnD.** Критический набор технологий и методов разведки и охраны недр должен быть собственным и опережающим среднеиндустриальный уровень. Остальное нужно уметь делать хотя бы на среднем уровне.
3. Образовательные программы должны зарывать потребность в необходимых специалистов. **Каждое новое направление деятельности = новая образовательная программа.**
4. Технологии как правило не продаются. **Продаются технологические сервисы.**
5. **Студенты должны участвовать в реальных проектах с 1 курса.** Это безусловно потребует трансформации образовательной деятельности, но иначе им не за что платить деньги.
6. **Все студенты должны получить полевой опыт.**
7. Все студенты **имеют возможность** получить международный опыт.
8. **Коммерческие проекты должны быть комплексными и наукоемкими.**
9. Все преподаватели являются действующими практиками.
10. **Экологический ущерб на стадии поисков недопустим.**
11. **Все амбиции должны быть международного уровня.**

Мы выбираем геологию = бесконечная работа и бесконечные исследовательские вызовы, много денег, реальные наукоемкие проблемы, адекватно истории и географическому положению Университета, понятная схема масштабирования.



- Проект относится к области реальной экономики и в этом его сильные и слабые стороны.
- С одной стороны на конкурентный рынок относительно просто выйти имея всего лишь уникальные ценовые и технические предложения.
- С другой стороны, в случаях, когда с реальной экономикой беда, с нереальной может быть нормально. Но верно и обратное.
- Проект очень комплексный и связан не только с науками о Земле.
- **В области геологоразведки (в отличие от добычи) не просматривается главных «инвесторов», кроме государства – это одна из важных особенностей проекта.**

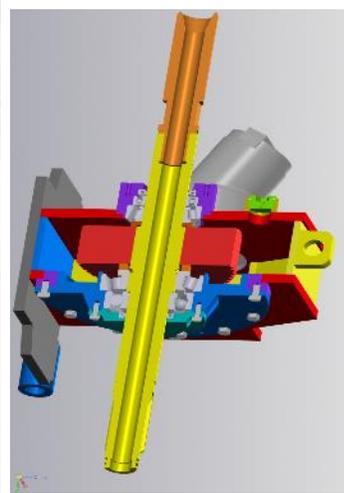
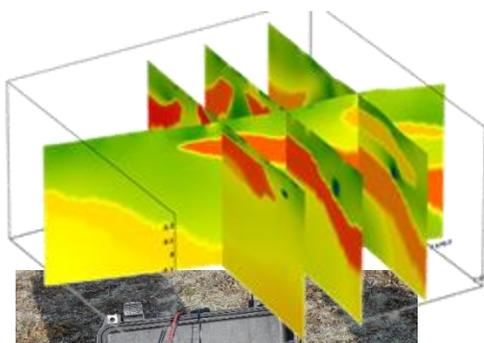
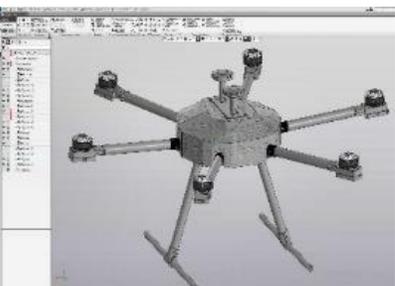
1. БАЗОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ – RnD. ПРОГРАММА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ДОСТАТОЧНО ПОЛНОГО КОМПЛЕКСА МЕТОДОВ ДЛЯ УСКОРЕННЫХ ПОИСКОВ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ (2021/2024).

- Геология, генезис и прогноз рудных месторождений южного и восточного обрамления Сибирского кратона
- ГИС-технологии Mineral Prospectivity Mapping в различных масштабных уровнях – *от выбора участков до навигации бурения*
- Комплексная БПЛА-аэрогеология *полный цикл производства от носителей до сенсорики и методологии*
- Экспрессные и глубинные методы геохимических поисков месторождений
- Площадные электромагнитные зондирования
- Быстрая 3Д-и Joint инверсия данных площадной геофизической разведки *для 3Д-навигации поискового бурения*
- Петрофизические исследования в основе решения обратных задач *для качественного роста достоверности поисковых 3Д-моделей*
- Быстрая комплексная обработка и интерпретация разнородных геоданных *для принятия решений о выборе перспективных участков*
- Геоэкологические исследования уникальных геосистем *как средство быстрого формирования у студентов практических компетенций различных георисследований для их включения в геологические проекты с первых курсов и снятия экологических рисков с новых горных проектов.*
- Технологии мобильного бурения портативными установками *без лесоотвода и нарушения качества окружающей среды*
- **Поиски, разведка, управление водными ресурсами.**
- **Инженерно-геологические проблемы в регионах с вечной и/или сезонной мерзлотой.**



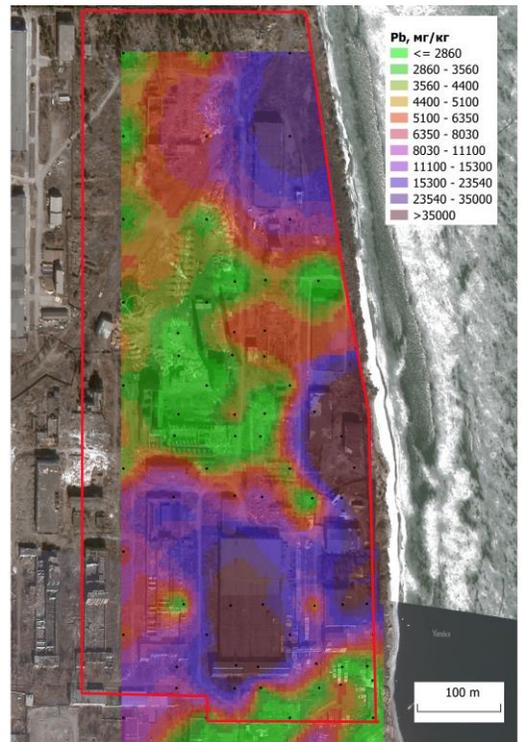
К 2024 году были открыты образовательные программы по всем основным направлениями прикладной геологии.

- Геология, поиски и разведка месторождений (РМ)
- Геоинформационные системы (ГИС)
- Геофизические методы поисков (РФ)
- Гидрогеология и инженерная геология (РГ)
- Технология и техника разведки (РТ)
- IT in Earth and Environmental Sciences (англ.)



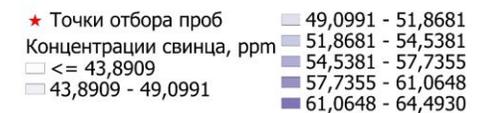
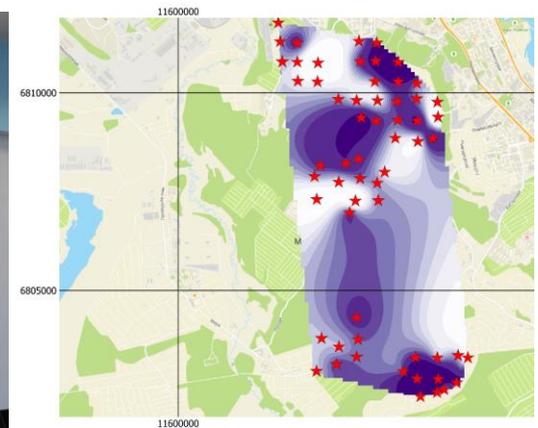
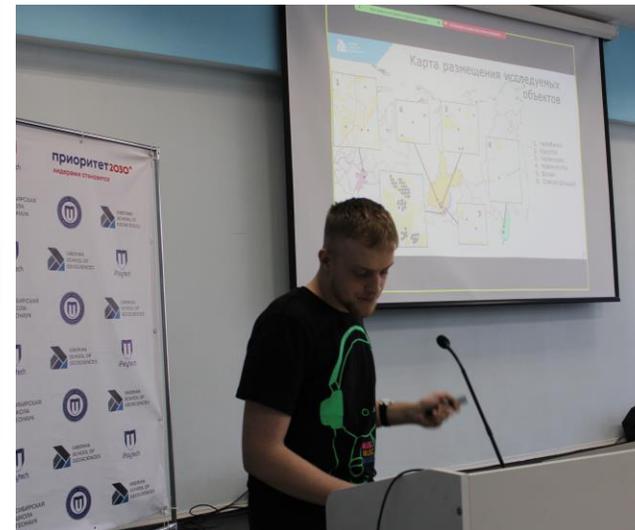
2. Если мы хотим массово вовлекать студентов в реальные коммерческие проекты, то образовательные программы необходимо сделать таким образом, чтобы уже с первого курса у студентов были компетенции, за которые есть смысл им платить. Иначе проекты будут провалены.

Основа подготовки всех 6 специальностей - ГЕОЭКОЛОГИЯ. На 1 и 2 курсе реализуются как комплексные геоэкологические исследования интересных районов Прибайкалья, и студенты осваивают базовые геохимические, геофизические, химико-аналитические методы, бурение, обработку данных, подготовку отчетов и публикаций.



В результате исследований окружающей среды студенты не только получают практические навыки, но и полноценный исследовательский опыт. Еще это **может** давать отличный социальный эффект для Университета.

ПРИМЕР: 1 курс, дисциплина «Информационные технологии». Снегогеохимические исследования и пополнение геопортала



Университет — межрегиональный центр геоэкологических компетенций (социальная миссия).

Актуальные исследования по геоэкологическому направлению всем понятны, полезны и всем интересны, поэтому данное направление рассматривалось еще и как базис для улучшения набора, и как основа переговоров с региональной властью.



Юная исследовательница Екатерина Кривцова заняла второе место во Всероссийском форуме «Шаг в будущее»



🌱 Ученые Сибирской школы геонаук ИРНТУ исследуют качество грунта для рассады.

Most read in the last month

Мышьяк и тяжелые металлы в искусственных плодородных грунтах: неожиданные результаты исследований продукции, доступной на рынках города Иркутска

Preprint February 2025 · 1,126 Reads

Olga Kachor · Alexander Parshin · Anastasiya Kurina

2. Второй важнейший аспект подготовки к коммерческим проектам - учебные практики

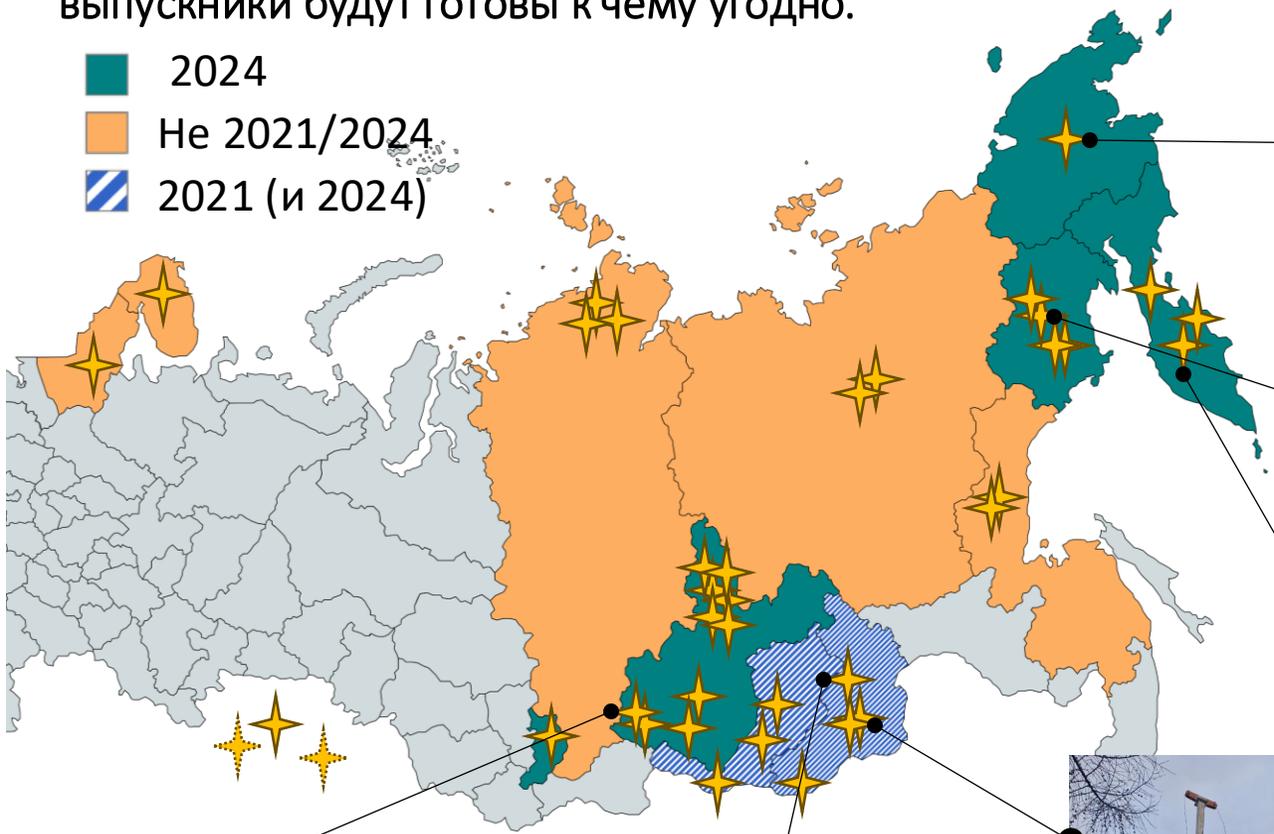
- Уникальная база ИРНИТУ «Черноруд» была закрыта для студенческих практик с 2010 по 2021 гг.
- Теперь полигон ежегодно принимает более 100 студентов SSG и более 100 иностранных студентов и профессоров.
- Программу учебных практик тоже необходимо пересмотреть полностью – чтобы они сразу давали компетенции рыночного уровня.



3. КОММЕРЧЕСКИЕ ПОЛЕВЫЕ ПРОЕКТЫ. Можно ли работать в геологии, не выезжая в экспедиции? Да. Но хотя бы один раз съездить необходимо, по нашему мнению.

Институт принципиально проводит ГРР в любых природных, логистических и геологических условиях, в таком случае выпускники будут готовы к чему угодно.

- 2024
- Не 2021/2024
- 2021 (и 2024)



Заказчики ГРР 2021-2024 (в течение одного пятилетнего выпуска студентов).

- GV Gold
- Полюс
- Rizzi Resource
- Роснефть АЗП
- Федорово минреалз/GORA
- Павлик
- Газпром, Газпромнефть
- Highland Gold
- Северсталь
- Амур золото
- СигМА

Так выглядели коммерческие проекты в 2020 году

- Электроразведочные работы методом СГ-ВП (узкая тематика, чистый сервис, 0 опережающих компетенций или новых научных знаний, обычные технологии которые есть у всех).



Техника и снаряжение консорциума

Обычная серийная аппаратура

Теперь проекты стали намного интереснее!

- Уникальные объекты в России и за рубежом
- Оригинальные методы и технологии
- Иностранцы коллеги с интересным опытом
- Только интересные, комплексные проекты, дающие новые знания и компетенции.



Опыт работы с
вездеходной и
вертолетной техникой уже
в институте, опыт
организации таких
проектов



Обычные и мобильные буровые проекты.
Мобильное бурение диаметром HQ и больше - это
следующий этап российской индустрии



Мы не знаем, в какой ведущей компании из геологической индустрии студент может получить аналогичный опыт – например, на производственной практике



SibGIS UAV-TEM – первая реально применяющаяся в международной геологической практике БПЛА-МПП система – пример опережающих технологий, которых пока нет в индустрии, но студенты уже ими владеют



Мобильные проекты с легкими вертолетами и комплексной БПЛА-геофизикой



Мобильные и аккредитованные химические лаборатории – аналитика в поле и как обычно



Морская геофизика, геоэкология и ДЗЗ

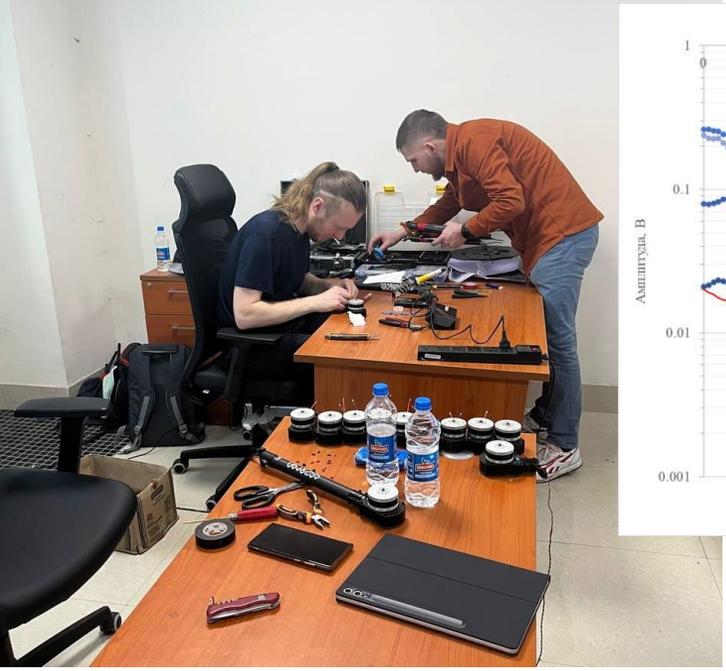
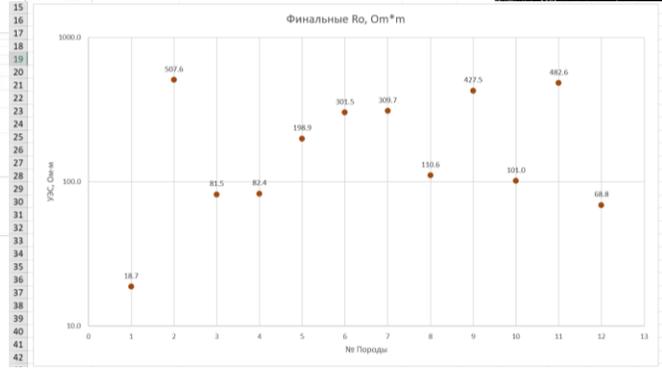
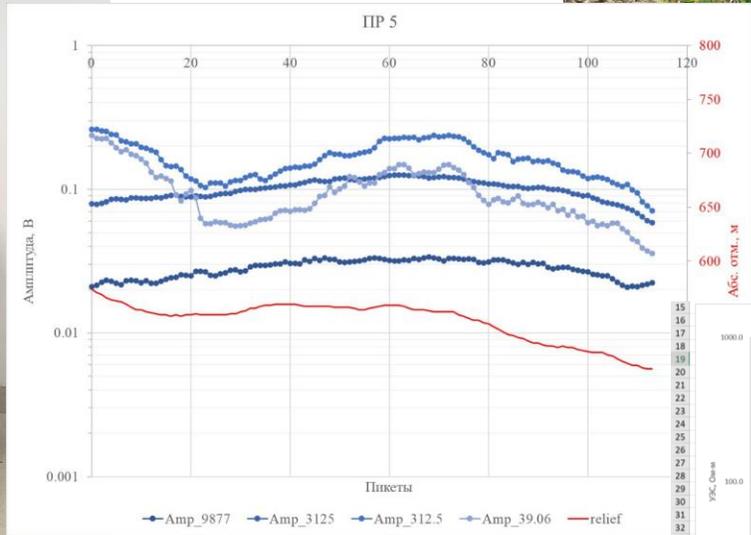


Комплексные проекты ГРП в тундре и горах без ущерба окружающей среде



Везде фотографии с полевых работ не потому, что вся геология – это экспедиции, а исключительно потому, что лаборатории фотографировать скучно. Кроме того мы считаем что хотя бы один раз съездить в экспедицию должны все.

Самые новые решения сейчас зачастую апробируются не на российском рынке – из-за отсталости и негибкости российской индустрии. Пример – первая в мире технология БПЛА-ЧЗ/МПП в составе широкого комплекса исследований при оценке инженерно-геологических угроз железным дорогам штата Ассам (Северо-Восточная Индия), 2025. Российские железные дороги ходят вокруг этих технологий с 2022 года.



4. ЛЮДИ. Программа ранней карьеры

- Проект обеспечивает студентам стаж непрерывной работы и карьерный рост уже в стенах Института, повышая их шансы на рынке труда.
- Можно работать в стенах института с первого курса, участвовать в RnD, публиковаться.

1 курс: опыт участия в инициативных исследовательских проектах в рамках учебных курсов, отбор на постоянную позицию (лаборант-исследователь)

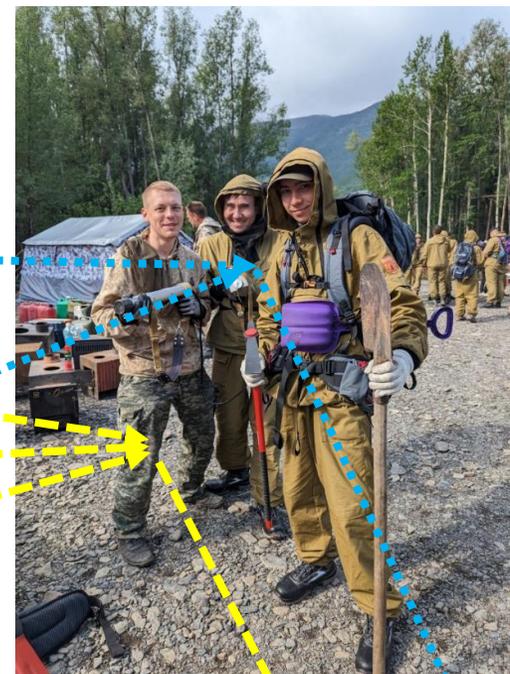


2-3 курс: постоянная работа в составе исследовательского коллектива, плюс коммерческие работы на различных объектах. Публикации, конференции, подтверждают опыт и квалификацию будущего выпускника.



Выиграл конкурс Полюс – ушел туда работать после окончания

4 курс: старший лаборант-исследователь, начальник полевого отряда.



5 курс: при успешной сдаче зимней сессии, защите отчетов, повышение до инженера 2-ой категории перед выпуском из университета.

Стартовая позиция для студентов **1**

Лаборант-исследователь / техник

С 1 курса, без входных условий

17 т.р. за 0.5. ставки*

2

Ст. лаборант-исследователь / техник 1 категории

руководство людьми, публикации первым автором, личные доклады, участие в ком. проектах

21 т.р. за 0.5 ставки*

3

Инженер 2 категории

Руководство / отв. исполнитель проекта или части. Статьи. Личные доклады.

25 т.р. за 0.5 ставки*

Индустрия / Аспирантура

*комм. проекты оплачиваются отдельно – пока максимум 220 т.р./месяц

4. Начинается с альтернативной приемной компании

- Геоспециалисты – это особенные люди. Их нужно искать отдельно и как правило не в Иркутске.
- Нужны хорошие фото- и видеоматериалы, другие сайты, работа с региональными СМИ и т.д. Это требует дополнительных хороших специалистов.
- Существенную часть материалов создают сами студенты.



ИРКУТСКИЙ ПОЛИТЕХ
ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**5 ЛЕТ ПРИКЛЮЧЕНИЙ
В ИНСТИТУТЕ**

**СИБИРСКАЯ
ШКОЛА
ГЕОНАУК**

<https://istu.edu/ssg>
https://vk.com/inrtu_ssg



Институт "Сибирская школа геонаук" ИРНИТУ > Плейлисты > III Слёт полевых отрядов СШГ ИРНИТУ (2024)

	1 отряд - Тунгооченский р-н, Забайкальский край. Руководители - Галимов К.Г., Дёмин А.А. Институт "Сибирская школа геонаук" ИРНИТУ 124 просмотра · 6 месяцев назад
	2 отряд - Курагинский р-н, Красноярский край. Руководитель - Трофимов И.В. Институт "Сибирская школа геонаук" ИРНИТУ 63 просмотра · 6 месяцев назад
	3 отряд (ролик #1) - Черемховский р-н, Иркутская обл. Руководитель - Бузов С.А. Институт "Сибирская школа геонаук" ИРНИТУ 125 просмотров · 6 месяцев назад
	3 отряд (ролик #2) - Черемховский р-н, Иркутская обл. Руководитель - Бузов С.А. Институт "Сибирская школа геонаук" ИРНИТУ 167 просмотров · 6 месяцев назад
	4 отряд - Забайкальский край. Руководитель - Бадминов П.С. Институт "Сибирская школа геонаук" ИРНИТУ 76 просмотров · 6 месяцев назад
	5 отряд - Тенькинский р-н, Магаданская обл. Руководитель - Бирюков П.Г. Институт "Сибирская школа геонаук" ИРНИТУ 83 просмотра · 6 месяцев назад
	6 отряд - Бодайбинский р-н, Иркутская обл. Руководитель - Трофимов И.В. Институт "Сибирская школа геонаук" ИРНИТУ 78 просмотров · 6 месяцев назад
	7 отряд - Ольхонский р-н, Иркутская обл. Руководитель - Аузина Л.И. Институт "Сибирская школа геонаук" ИРНИТУ 100 просмотров · 6 месяцев назад
	8 отряд, отряд "Бойцы невидимого фронта". Руководитель - Качор О.Л. Институт "Сибирская школа геонаук" ИРНИТУ 89 просмотров · 6 месяцев назад



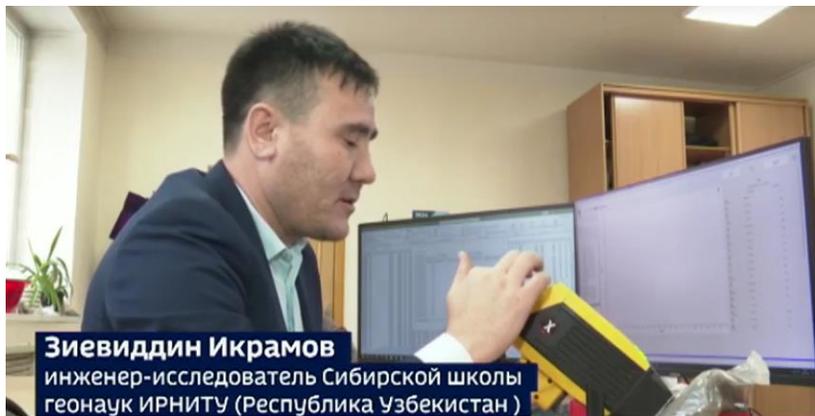
Особый подход в обучении. Сибирская школа геонаук ИРНИТУ стала финалистом престижного российского конкурса в геологической сфере

КОНКУРС НА ЛУЧШУЮ ФОТОГРАФИЮ С ПОЛЕВЫХ РАБОТ



4. Международная среда в Институте

- Работа на международных рынках требует «soft power».
 - Работа на международных рынках требует расширения сознания о том, как устроена жизнь, относительной российской реальности.
 - **Российский студент в нетоповых вузах зачастую слаб и немотивирован, его желательно «поддержать снизу».**
- Большая часть аспирантов Института – иностранцы.
- Новая программа IT in Earth and Environmental Sciences (с 2025 г) позволит увеличить набор в Институт до 2-х раз. Решить проблему недостаточного количества и качества студентов за счет русскоязычных горно-геологических программ не удавалось.
- Курсы английского для сотрудников и студентов в Институте.



Зиевиддин Икрамов
инженер-исследователь Сибирской школы
геонаук ИРНИТУ (Республика Узбекистан)



Институт имеет серьезные проблемы со «средним качеством» российских студентов. Если его не удастся улучшить, последняя надежда на реализацию модели – студенты иностранные.



Аспирант Сибирской школы геонаук ИРНИТУ Дезире Онамун представил доклад на археологической конференции в Москве



Китайско-российский центр наук о земле "Байкал-Шелковый путь" открыли ИРНИТУ, Институт земной коры СО РАН и Китайский университет геонаук

5. Прочее.

Обязательно нужно докладывать, учиться защищаться и нападать. Конференции должны быть доступны. У студентов и профессоров должна быть возможность бенчмарков.

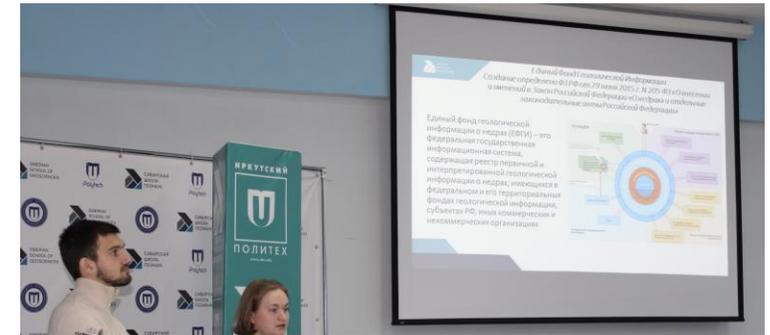
Семинар имени Вахромеева и Давыденко (май, Черноруд)



Геонауки (апрель, Иркутск)

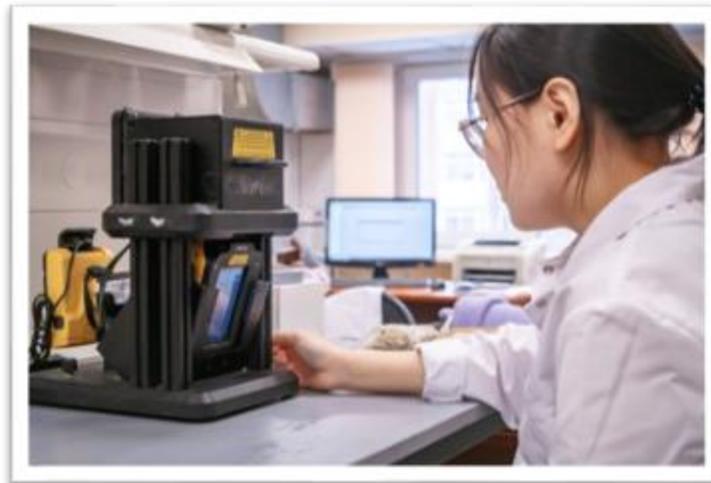


Игошинские чтения (декабрь, Иркутск)



Многие профессора засчитывают хорошие доклады по результатам оригинальных работ как зачет или экзамен

Очень нужны и важны лаборатории. Они должны быть доступны и для студентов. Это сложно и дорого, но без этого ни исследований, ни образования не будет.



- Лаборатории могут быть слегка ужасненькие, но настоящие и зарабатывать деньги.

Международные академические программы

- Совместные академические программы с ведущими университетами Азии позволяют в том числе мотивировать лучших студентов и наилучшим образом реализовать воспитательную функцию для худших.
- **Все программы имеют строго двусторонний характер!** *несмотря на желания некоторых партнеров*
- **Поддержку участия в международных проектах получают только студенты, принесшие прибыль Институту.**

Nanjing University

Harbin Institute of Technologies

Bandung Institute of Technology

CUGB

РАФУ



Технологический раздел

Ключевые технологии этапа 2020-2024, в создании и использовании которых принимали участие студенты.

В целом они формируют методологию ускоренной экологичной геологоразведки и позволяют быстро проводить проекты в любых районах России и за рубежом

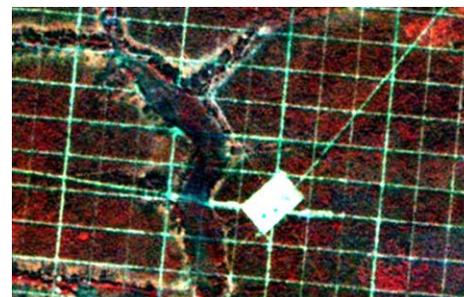
Принцип «Экология vs Геология»

- Добыча полезных ископаемых часто приводит к негативным последствиям для экосистем, но это необходимый вред для человечества, и он будет компенсирован после успешного завершения добычи (мелиорации).
- Однако и геологоразведка также наносит ущерб окружающей среде, и такой ущерб в конечном итоге может быть ничем не оправдан (*только один-два из десяти геологоразведочных проектов дадут месторождение*).
- **Лучше если на стадии поисков мы вообще не будем наносить ущерб окружающей среде.**



Необходимое зло

Зло, вполне «обходимое»



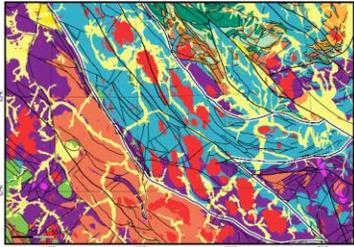
Примеры ущерба окружающей среде в результате проведения поисковых и разведочных работ,

Первый этап. Программное обеспечение для прогнозирования ресурсной перспективности

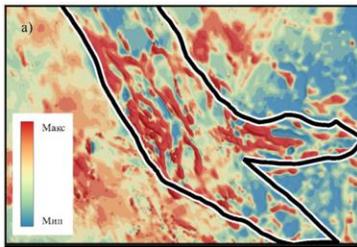
- Важнейший этап геологоразведочных работ, поскольку даже самые лучшие технологии не позволят обнаружить месторождение там, где его нет. Ошибка приводит к неудаче проекта.
- На основе интеграции имеющейся геоинформации необходимо в регионе площадью в десятки тысяч квадратных километров выделить лицензионные участки площадью в несколько десятков квадратных километров, перспективные на полезные ископаемые.

Некоторые примеры обычно доступных данных...

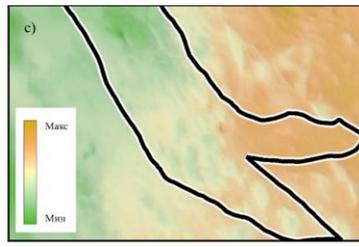
Геологическая карта



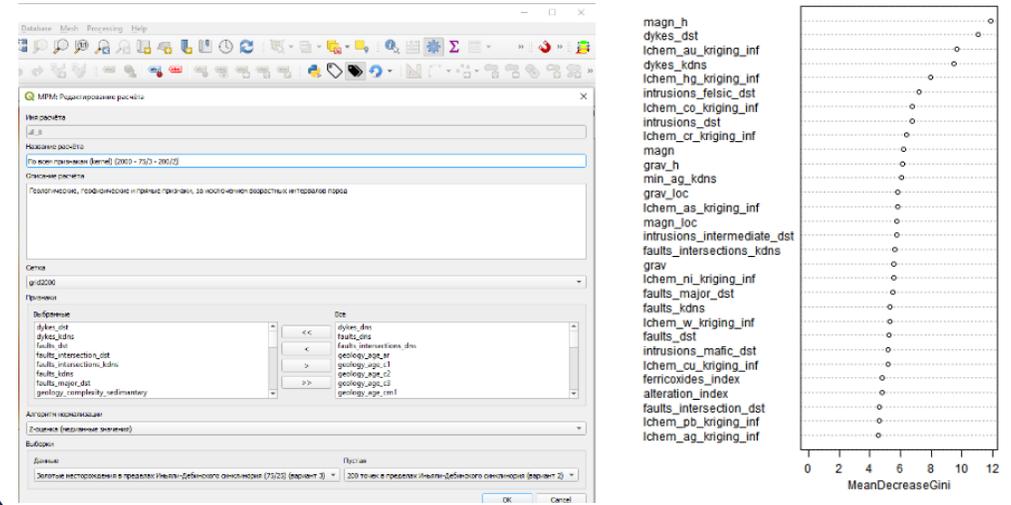
Карта магнитного поля



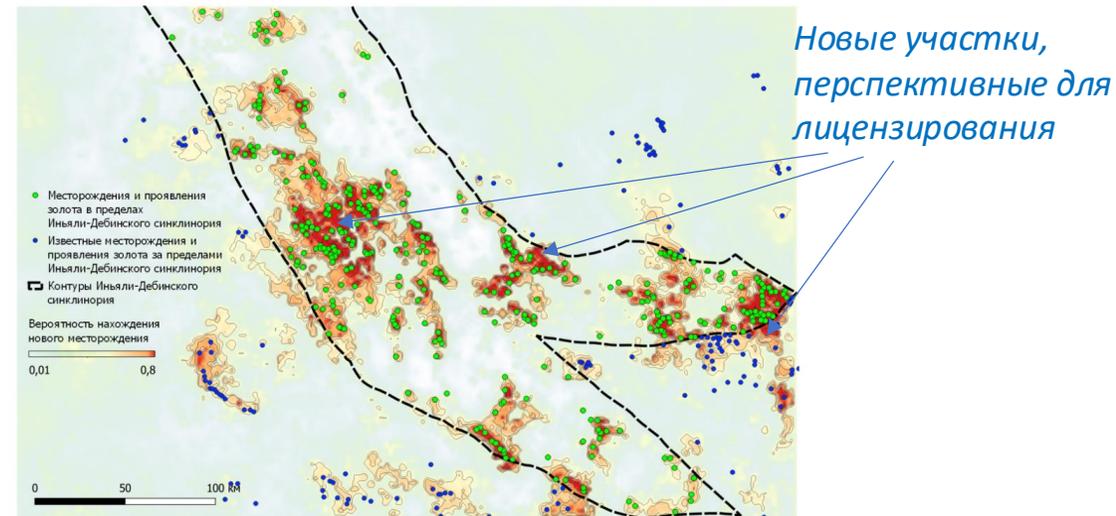
Карта поля силы тяжести



Программное обеспечение для mineral prospectivity mapping (с использованием AI)



Прогнозная карта ресурсной перспективности

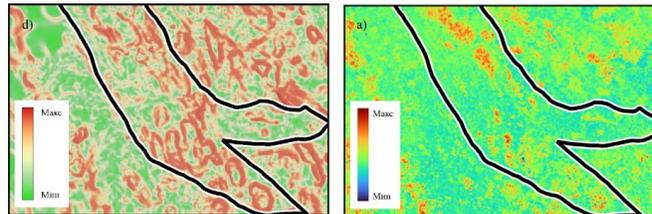
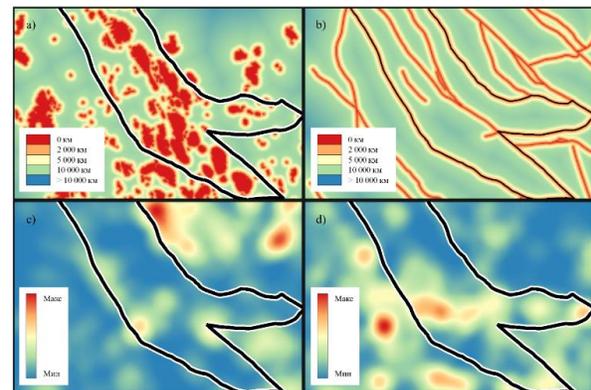


Новые участки, перспективные для лицензирования

Точность обнаружения уже известных месторождений в данном примере составила 81%, что очень неплохо.

... и примеры их трансформации в слои поисковых признаков

а - расстояние до интрузий, б - расстояние до основных разломов, в - плотность пересечений разломов, г - плотность даек



Horizontal Gravity Gradient

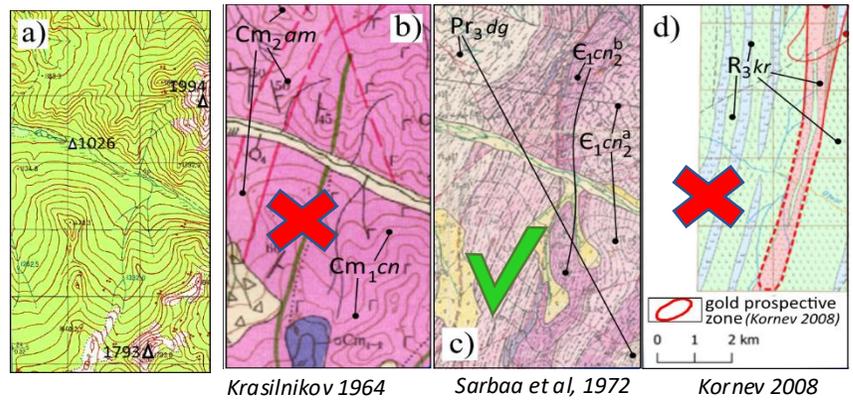
Known ore deposits

Oxide Index (Landsat 8)

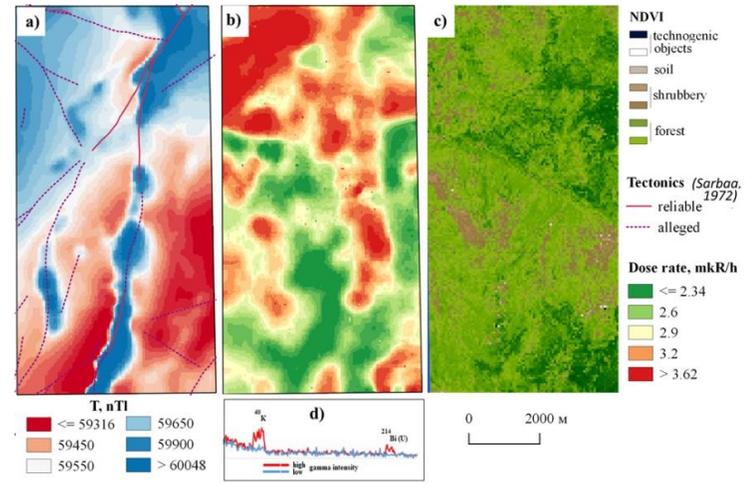
Этап 2. Первый этап полевых работ – технологии комплексной БПЛА-геофизики

- Геологические карты всегда неточны и субъективны.
- Выбранные участки необходимо исследовать быстро и с небольшими затратами. **Необходимо объективизировать и детализировать геологические данные от масштаба 1:200 000 до масштаба 1:10 000 - 1:5 000 и убедиться, что мы действительно имеем перспективную геологическую ситуацию.** И уже на этом этапе отказаться от бесперспективного проекта.

Геологические карты различных авторов на один и тот же участок...



... и объективные данные БПЛА-съёмки: а – магниторазведка, б – гамма-съёмка, с – мультиспектральная съёмка



Некоторые БПЛА-геофизические технологии ИРН ИТУ и консорциума i.GeoDesign: а) система для комплексной магниторазведки и гамма-радиометрии, б) для гамма-спектрометрии, с) для электромагнитных зондирований

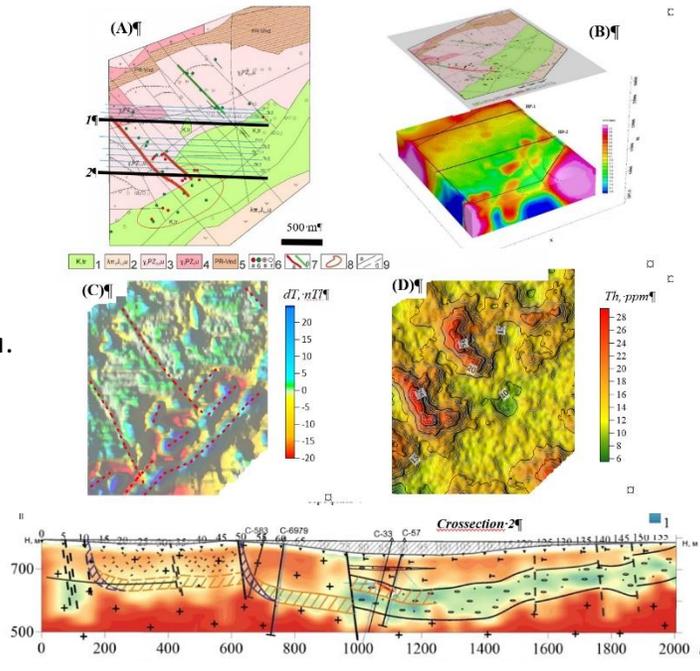
Лучший способ быстро и экологично провести геофизическую разведку – это геофизика с БПЛА.

Нами разработан полный спектр таких методов (Паршин и др., 2014-2023):

- Магниторазведка в самолетном и мультироторном исполнении.
- Гамма-радиометрия и спектрометрия.
- Электроразведка в частотном и временном вариантах.

В результате можно очень быстро и с низкими затратами получать достаточно полный комплекс детальных геологических данных

Примеры получаемых данных: б – 3Д-инверсия данных БПЛА-магниторазведки, с – локальная компонента магнитного поля, d – концентрация урана по данным БПЛА-гамма-спектрометрии, e – геоэлектрический разрез по результатам БПЛА-электроразведки



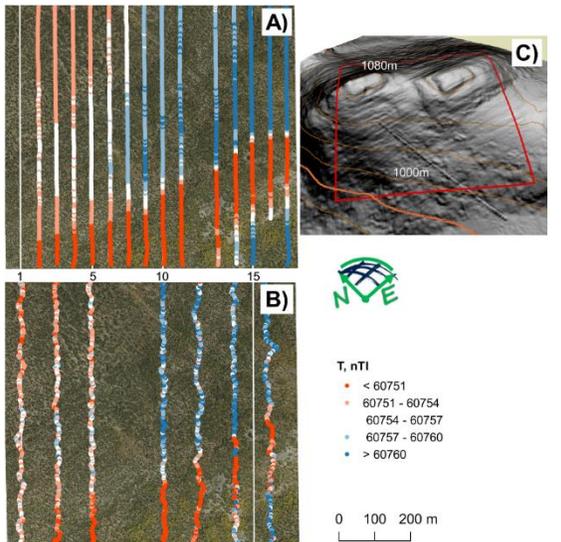
Этап 2. Первые полевые работы – комплексная БПЛА-геофизика

- Обычный геофизический отряд – десятки человек с тяжелой техникой.
- Производятся рубки профилей, организуются большие полевые лагеря, работы идут по несколько месяцев.
- С помощью БПЛА-комплексов можно за первые недели выполнить ту же работу группами из 3-7 человек, без большого лагеря. При необходимости возможна переброска группы с оборудованием с помощью вертолета.

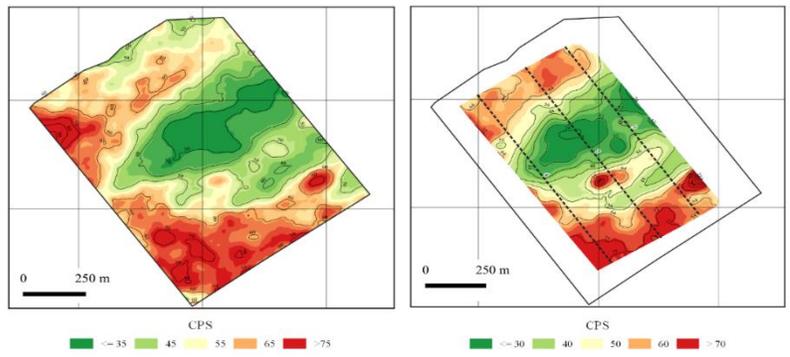


Сравнение низковысотных и наземных геофизических данных:

Magnetic prospecting (Parshin et al 2016), A – UAV-based, B - terrestrial

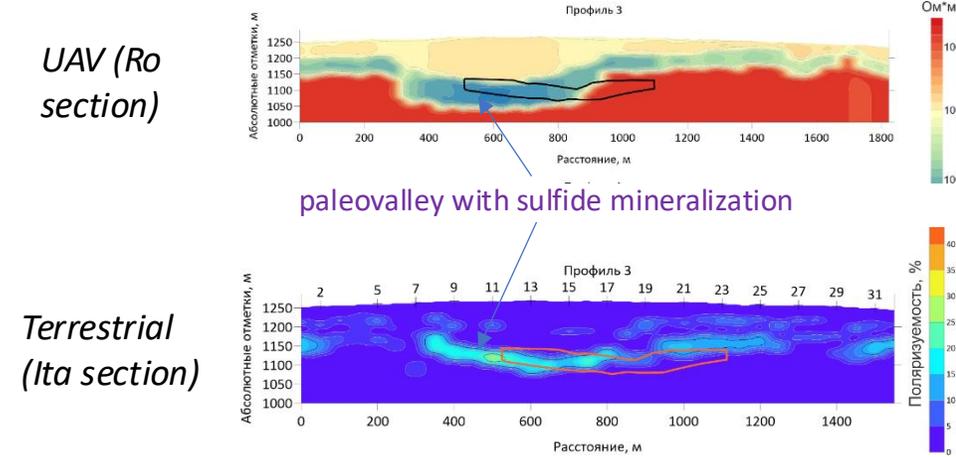


Gamma-ray prospecting (Parshin et al 2018, 2021)



(a) terrestrial survey with the SRP-68 radiometer; (b) UAV survey at a height of 25 m with a CsI 100 cm³ detector

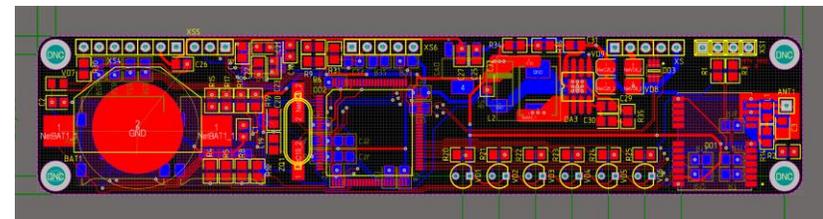
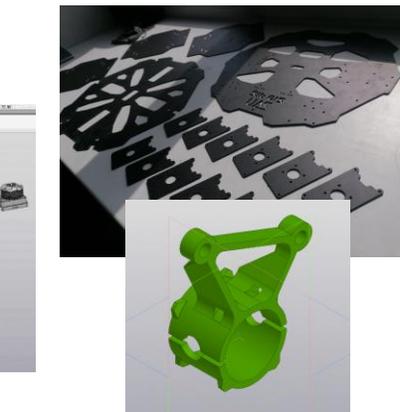
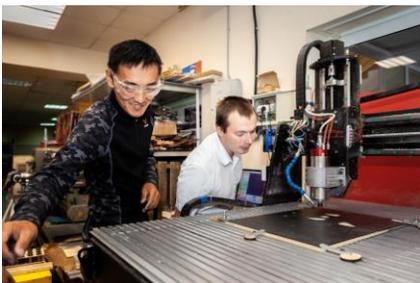
Transient Electromagnetic Prospecting (Parshin et al 2021)



Показано, что в реальных условиях данные маловысотных съемок при могут быть лучше наземных:

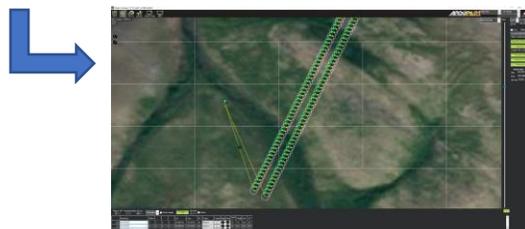
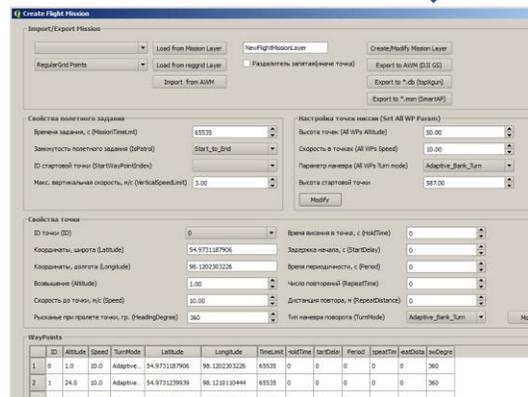
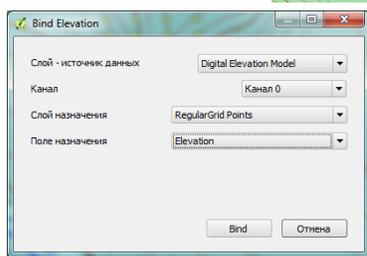
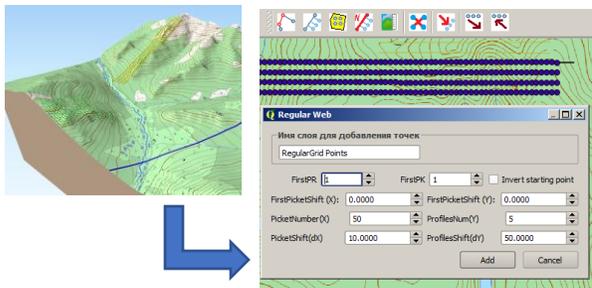
[10.1080/10095020.2017.1420508](https://doi.org/10.1080/10095020.2017.1420508), [10.1111/1365-2478.12650](https://doi.org/10.1111/1365-2478.12650), [10.1088/1755-1315/459/5/052079](https://doi.org/10.1088/1755-1315/459/5/052079), [10.3390/app11052060](https://doi.org/10.3390/app11052060), [10.3390/app11052247](https://doi.org/10.3390/app11052247), [10.3997/2214-4609.202220165](https://doi.org/10.3997/2214-4609.202220165)

И БПЛА-носители, и измерительная аппаратура, и всё программное обеспечение для планирования полетов и обработки данных создано Университетом и дочерними компаниями.

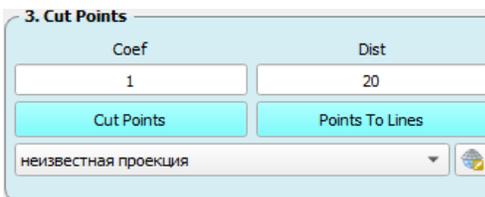


Применение роботизированных систем для геофизической разведки требует автоматизации всех сопутствующих операций по работе с данными:

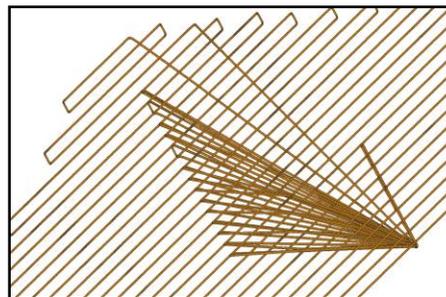
Программа - планировщик полетов с обтеканием рельефа (для любых автопилотов)...



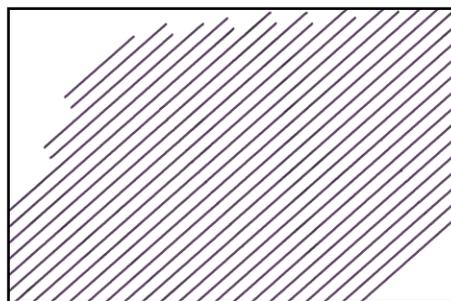
Удаление долётов и отлетов одним нажатием кнопки...



Было (записанные данные)



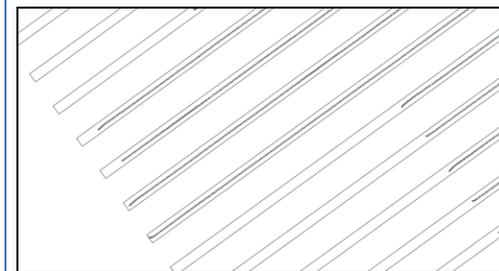
Стало (удалены вспомогательные части полетов, остались только полезные данные съемки)



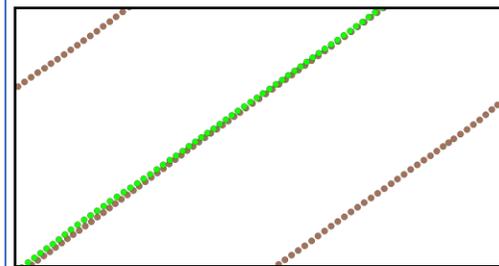
Автоматизация контроля качества данных...



Задание области поиска точек профиля

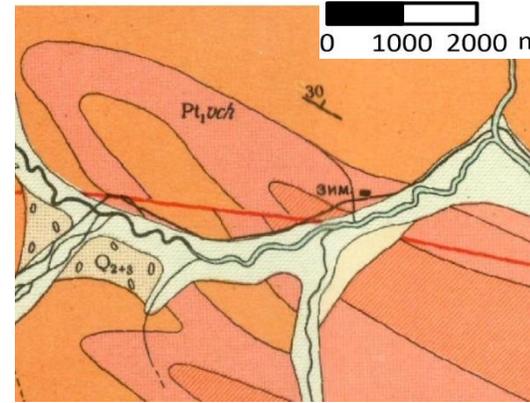


Пример разделения на рядовые и контрольные данные



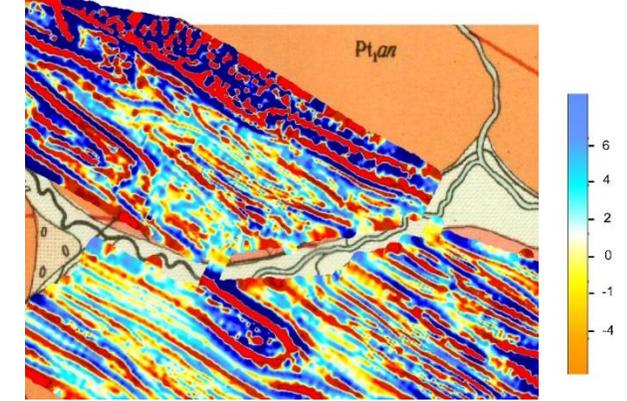
Этап 3. Программное обеспечение для инверсии геофизических данных

- В результате геофизических исследований мы получаем детальную информацию о геологической ситуации на участке с разных сторон (магнитные свойства горных пород, гамма-радиоактивность, электрическое сопротивление, наведенная поляризация).
- Некоторые методы (магниторазведка, электроразведка) позволяют получать вероятностную информацию о геологическом строении Земли на глубинах до сотен и тысяч метров.
- Поскольку роботизированные системы позволяют получать очень много данных за небольшое время, требуются специальные решения для быстрой инверсии таких данных.
- Эта информация используется для точной навигации бурения, минимизируя его объем.



Геологическая карта 1:200 000

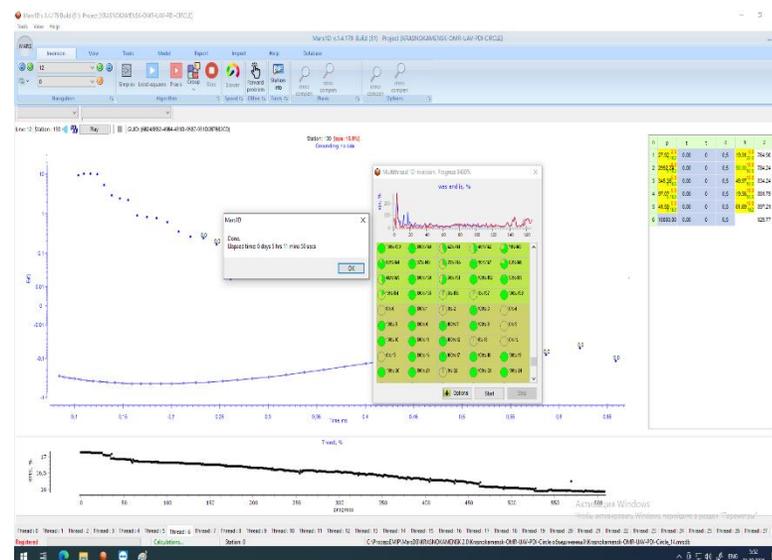
данные БПЛА-магнитной разведки показывают нам мельчайшие геологические структуры



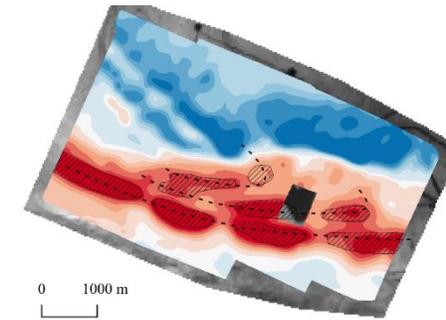
Разработанное программное обеспечение для инверсии...



... данных магнитной съемки (Davydenko A. et al 2021)



... данных БПЛА-электроразведки (Davydenko Yu. et al 2021)



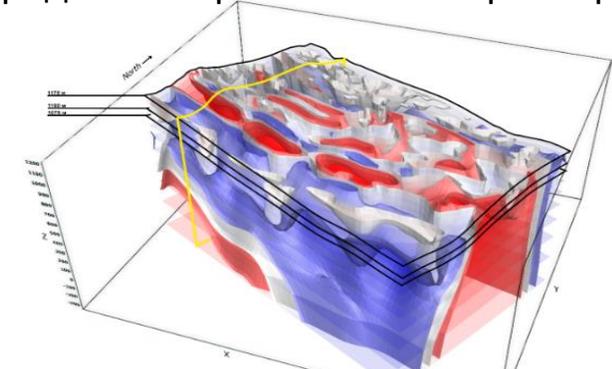
0 1000 m

--- 1
 / / / 2
T, nTl
 <= 59872.29
 59959.79
 60051.32
 60128.05
 60187.28
 60247.85
 60285.54
 60351.50
 60381.12
 60402.66
 60422.85
 60449.77
 > 60449.77

Карта поля



3D-модель распределения физического параметра



Этап 4. Методики геохимических исследований

- В большинстве случаев геофизические данные являются косвенными — они характеризуют геологическую ситуацию в целом, но не фиксируют непосредственно наличие полезного элемента, например такого как Au.
- Мы видим потенциально перспективные структуры, но не можем быть уверены в их рудоносности.
- Необходимо получить геохимические данные. Здесь без участия человека не обойтись, но объем составляет лишь ¼ от всей площади, ранее изученной геофизикой.
- Новые месторождения большей частью не выходят на поверхность, однако ряд геохимических методов позволяют искать такие объекты, например биогеохимия. Правда, полученные данные тоже будут в основном косвенными (мобильные элементы - спутники минерализации).
- Проведение биогеохимических поисков существенно ускоряет и делает РФА-анализ более экологичным за счет исключения кислотного разложения или пробирного плавления.
- Разработаны рациональные методики пробоподготовки и анализа проб растительного покрова северных территорий Евразии.



Концентрации в почве, ppm

	As	Cu	Ni	Pb	Zn
mean	2.3	41.3	77.1	9.6	81.5
std	1.9	24.1	22.2	2.8	18.3

В результате геохимических исследований получается несколько дополнительных показателей, характеризующих геохимические процессы, в т.ч. имеющие прямое отношение к рудоперспективности, общее подтверждение гипотез и дополнение геофизических данных.

Биогеохимические исследования:

- легко брать пробу,
- ряд растений могут легко накапливать подвижные элементы, переносимые из глубины.
- часто может быть использован РФА-анализ *in situ*.

Пример – мох вместо почвы, данные лучше, отбор быстрее, ущерб экологии меньше.

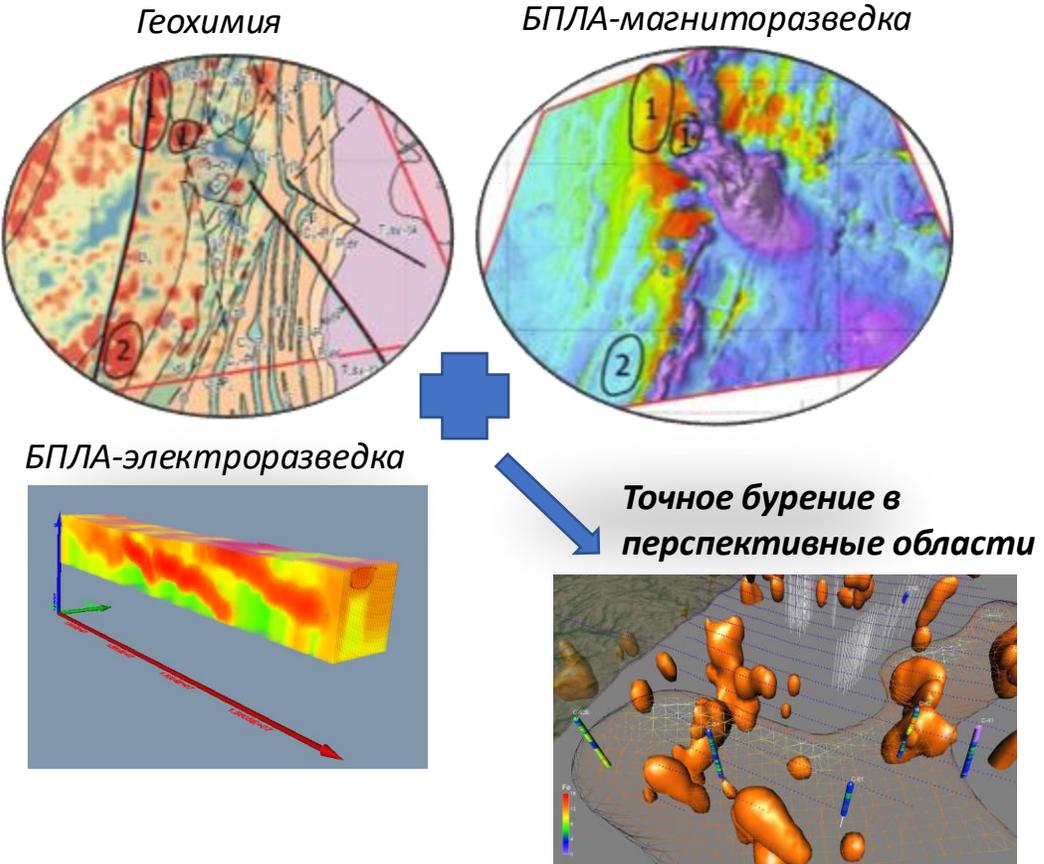


Концентрации во мху, ppm

	As	Cu	Ni	Pb	Zn
mean	6.6	670.0	255.7	21.1	382.9
std	4.1	1000.8	179.7	18.2	1501.3

Последний этап. Технологии экологичного бурения.

На основе комбинации геофизических и геохимических данных можно назначить буровые цели.



- Бурение – очень дорогой и неэкологичный вид геологоразведочных работ
- Обычно требуется тяжелая техника, подготовка площадки, вырубка леса и т. д.



Well inclination		0-45	
Длина буровой трубы, m:		1.5	3
Масса, кг.		600 - 1100	2200 - 3400
шасси		Без шасси / гусеницы	Резиновые гусеницы
Номинальная глубина бурения, м	BQ	150	500
	NQ	100	350
	HQ		250

Пример экологичного бурового проекта в Арктической зоне

Легкие вездеходы на шинах низкого давления



- Российское законодательство не позволяет использовать тяжелые вездеходы в Арктике летом, поэтому бурение обычно ведется зимой, при температуре около -50 градусов, а это очень дорого.
- Разработанные нами технологии позволяют бурить летом.
- Стоимость метра бурения сократилась вдвое, хрупкие геосистемы Арктики не пострадали совершенно.



Ключевые изменения – технологии и компетенции

- Важной задачей являлось достижение полной комплексности и независимости от внешних субъектов как по компетенциям, так и по уровню технологий, и по производственным возможностям - при решении базовых задач геологических поисков и разведки рудных месторождений в сложных условиях.
- Заметен прогресс от развития отдельных узких направлений прикладной геологии – к логике реализации полных проектов, в т.ч. собственных.

Не трогаем	
Немного занимают профессора	
Есть частный положительный опыт / можем сделать	
Нормально чувствуем себя в конкурентной среде	
Массово могут даже студенты / не знаем себе равных	

	2021	2022	2023
Проектирование ГРП			
ГИС-таргетирование месторождений			
Геоэкология			
Геология			
Геофизика			
Геохимия			
Бурение и горные работы			
Химико-аналитические исследования			
Инженерные изыскания			
Оценка ресурсов/запасов			
Оценка / продажа новых горных проектов			

Конец технологического раздела

Некоторые результаты

- От 1.5 образовательных программ – к шести, формирующим базовый набор специалистов по разведке и охране недр.
- От единичных монометодных сервисных работ – к комплексным геологопоисковым, инженерно-геологическим и геоэкологическим проектам в интересах как мелких, так и крупных заказчиков. Все проекты основаны на собственных технологиях.
- Опыт работы на всей российской территории, все регионы присутствия. Более 60 проектов за 5 лет. Это показатель конкурентоспособности и зрелости технологий.
- Первые международные проекты.
- Уникальный для ВУЗа набор техники, аппаратуры и лабораторной базы. Не значит что полный и хороший, но уникальный.
- От трех департаментов по несколько человек – к восьми тематическим подразделениям, 75 штатным единицам и нескольким десяткам работающих студентов.
- Объем НИОКР на голову (2025) – более 2.2 млн.руб.
- Многие впервые предложенные технологии - теперь приемлемый индустриальный стандарт.
- Студенты как правило побеждают в профессиональных мероприятиях.
- Мы не можем похвалиться ростом «среднего балла ЕГЭ» но по крайней мере не допускаем недонабора и теперь (надеемся) имеем возможность преодолеть и дефицит студентов. У хороших университетов этой проблемы вообще не будет.
- Интересные международные академические партнерства.
- Собственные новые проекты (юниорный бизнес)
- **Таким образом следует признать, что университеты действительно могут стать частью индустрии.**

Лицензионные условия



- Лицензии №№ ИРК 008903 БП выдана 25.10.2022, ИРК 008902 БП выдана 25.10.2022
- Вид пользования недрами: геологическое изучение недр, включающее поиски и оценку месторождений полезных ископаемых
- Площадь лицензионных участков: 21,88 км² и 12,9 км²
- Виды полезных ископаемых: золото, рудное
- Срок действия лицензий на пользование недрами: до 25.10.2029
- Срок утверждения проектной документации: утверждены № № 274-02-10/2023, 279-02-10/2023
- Срок начала осуществления геологического изучения недр: не позднее 6 месяцев с даты утверждения проектной документации. Условие выполнено
- Завершение геологического изучения участка недр: не позднее 84 месяцев с даты государственной регистрации лицензии
- Лицензии не содержат каких-либо специальных ограничений или обременений

Данный подход действительно дает качественное образование, и что очень важно – выпускники реально могут решать проблемы реальной индустрии



Заключение

- Мы настаиваем, что представленный подход позволяет дать лучшее геологическое образование в мире. Это не значит, что у остальных оно не лучшее. Оно тоже может быть лучшим, но другим.
- Все методы и организационные модели являются 100% рабочими и могут быть взяты на вооружение специализированными геологическими институтами или топовыми университетами (которые уже умеют работать с реальным бизнесом (российским и международным), которые действительно уверены что им нужно геологическое направление, и которые действительно понимают что это за деятельность). Нам представляется, что для обычных многопрофильных ВУЗов представленный подход не просто нереалистичен, но еще и весьма травматичен - по крайней мере без внешнего инвестора.
- Зарабатывать деньги сложно и нервно. Зарабатывать слишком много – очень тяжело и рискованно. Российский бизнес не делает скидки на то, что вы – Университет, что вы готовите для них новых специалистов и несете затраты куда выше чем обычный геологический сервисный бизнес.
- Мы (да и большинство вузов не) найдут подходящих абитуриентов, способных полноценно осилить подобную программу. Паллиативом являются иностранные студенты.
- Лучше, если университет заранее богат и знаменит, или хотя бы имеет возможность сбалансировать экономику программы как 50 (бюджет)/50 (внебюджет). Это долгий, сложный и дорогой способ достижения того, что сейчас назвали «технологическим лидерством».
- Никакие профстандарты, сроки обучения, «пилотные проекты трансформации высшего образования» не имеют значения для обсуждаемой модели.
- Это очень интересно и увлекательно и для профессоров, и для студентов. У всех будет жизнь полная приключений. Важно, что мы наверняка по крайней мере не ухудшаем будущее.



Спасибо за внимание!

Alexander Parshin
sarhin@geo.istu.edu

