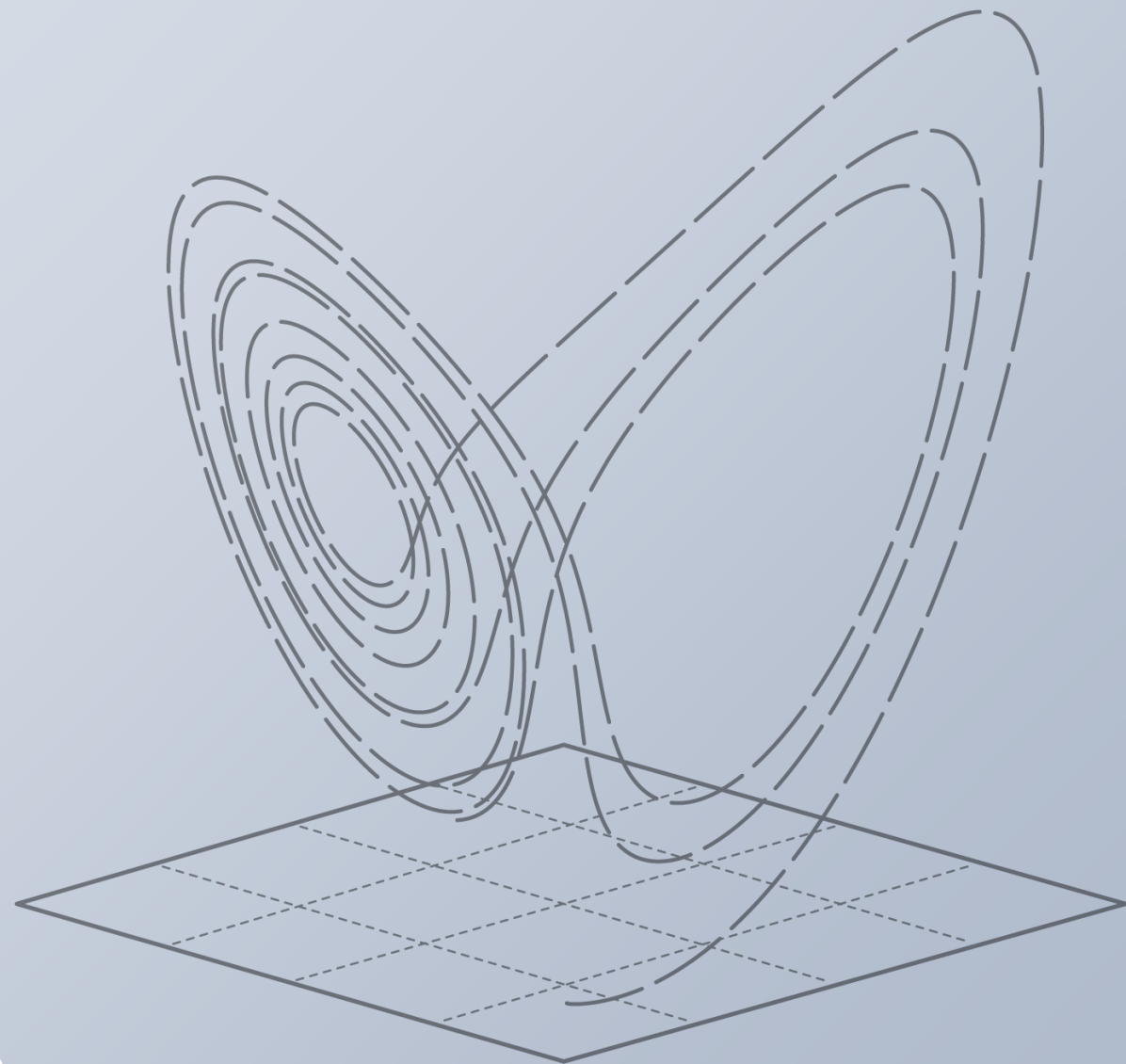


Науки о Земле. Важнейшие научные результаты 2020-2021 гг.

Академик-секретарь
Отделения наук о Земле РАН
академик РАН Глико А.О.



Рациональное природопользование и эффективное освоение нефтегазовых ресурсов арктической и субарктической зон Земли

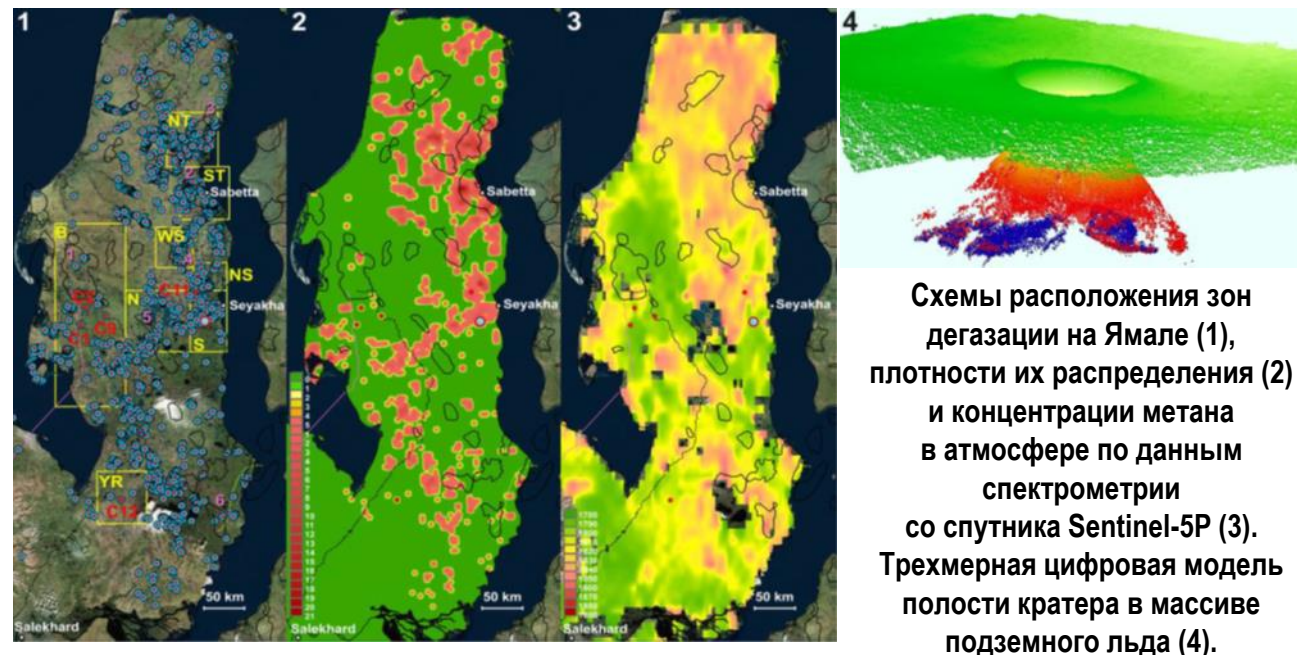
(Институт проблем нефти и газа РАН)

Впервые установлены закономерности формирования опасных газонасыщенных объектов в криолитосфере Земли, газодинамического роста бугров пучения, мощных выбросов, самовоспламенений и взрывов газа с образованием гигантских кратеров. При обработке данных широкого комплекса геолого-геофизических исследований на полуострове Ямал построены цифровые трех- и четырехмерные модели газовзрывоопасных объектов, свидетельствующие о существовании до взрывов газонасыщенных термокарстовых полостей в массивах подземного льда. Построена не имеющая аналогов картографическая схема распространения 1860 зон мощной дегазации со дна термокарстовых озер, рек и заливов полуострова Ямал, базирующаяся на комплексном анализе данных космосъемки высокого разрешения и экспедиционных исследований. Установлена региональная связь выявленных зон дегазации с районами аномально повышенной концентрации метана в атмосфере, зафиксированной спектрометром TROPOMI с космического аппарата Sentinel-5P. Обосновано, что наиболее газовзрывоопасной является восточная часть Ямала, где выделены Южно-Тамбейская и Сеяхинская экстремальные зоны. Впервые обоснована возможность картографирования и мониторинга теплоизоляционных свойств (теплопроводности) типичных видов тундрового напочвенного покрова нарушенных и ненарушенных ландшафтов по данным космосъемки среднего разрешения в видимом и тепловом диапазонах длин волн. Результаты НИР позволяют снизить риски возникновения аварийных и катастрофических ситуаций на объектах нефтегазового комплекса в Арктике.

Bogoyavlensky V., Bogoyavlensky I., Nikonov R., Kishankov A. Russian Arctic. Geosciences, 2020, 10, 215. 1-22 p.

Богоявленский В.И., Сизов О.С., Богоявленский И.В., Никонов Р.А., Каргина Т.Н. Арктика: экология и экономика, 2020, №3(39), с. 6-22.

Нефтегазоносные провинции морей России и сопредельных стран. Книга 2. Нефтегазоносные провинции морей Западной Арктики (авторы **Б.В.Сенин, В.Ю.Керимов, В.И.Богоявленский и др.**) Недра, 2020. - 340 с.



Ключевая роль деградации мерзлоты в дисбалансе цикла углерода в морях Восточной Арктики (МВА)

Дисбаланс в цикле углерода в МВА определяется доминирующим вкладом атмосферной эмиссии основных парниковых газов- CO_2 и метана. [1, 2]. Показано, что массированные выбросы метана обусловлены прогрессирующей деградацией подводной мерзлоты. Деградация наземной мерзлоты определяет транспорт и трансформацию эрозионного (эОВ) и растворенного органического вещества (РОВ) речного стока [Рис. 1-2, 3-4]. Впервые, на основе определения радиоуглеродного возраста биомаркеров эОВ, показано, что в процессе транспорта от береговой линии до кромки шельфа МВА ~85% эОВ окисляется до CO_2 [5].

1. Шахова Н.Е., Сергиенко В.И., Семилетов И.П. Цикл углерода в морях Восточной Арктики. Книга 2. Метан, Дальнаука. 2018, 240с.
2. Bruchert, Semiletov et al., *Biogeosciences*, 15, 471-490, 2018. <https://doi.org/10.5194/bg-15-471-2018>. Q1, IF 3,441.
3. Sparkes, Semiletov et al., *The Cryosphere*, 12, 3293-3309, 2018. <https://doi.org/10.5194/tc-12-3293-2018>. Q1, IF 4,524.
4. Pugach, Pipko, Shakhova et al., *Ocean Science*, 2018. vol. 14, 1-17. <https://doi.org/10.5194/os-14-87-2018>. Q1, IF 2.289.
5. Broeder, Semiletov et al., *Nature Communications*, 9 (1), 806. 2018. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03192-1>, Q1, IF 11,47.

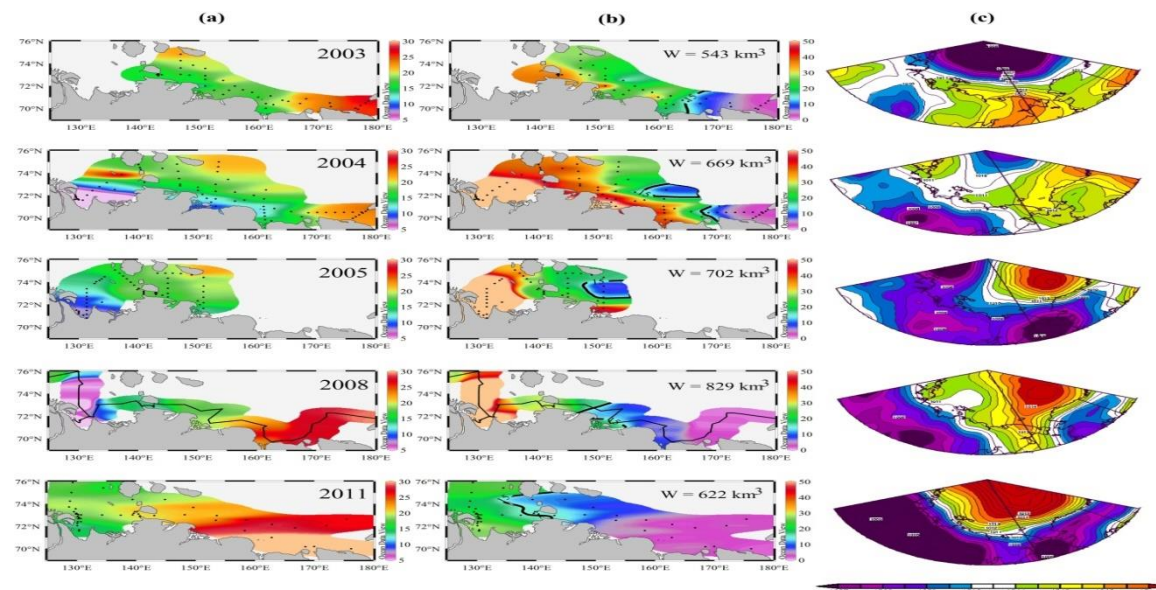


Рис. 1. Межгодовая пространственно-временная изменчивость шлейфа РОВ реки Лены определяется атмосферной циркуляцией

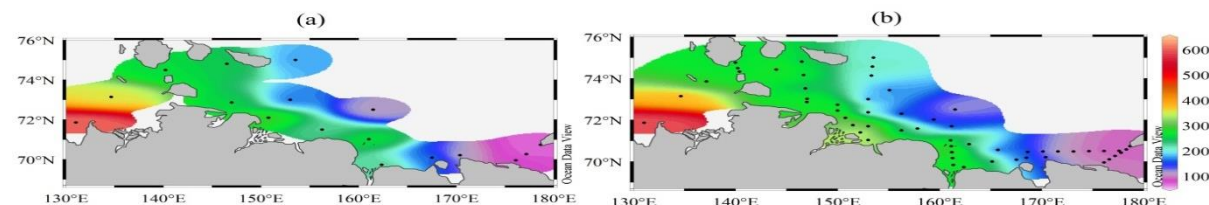
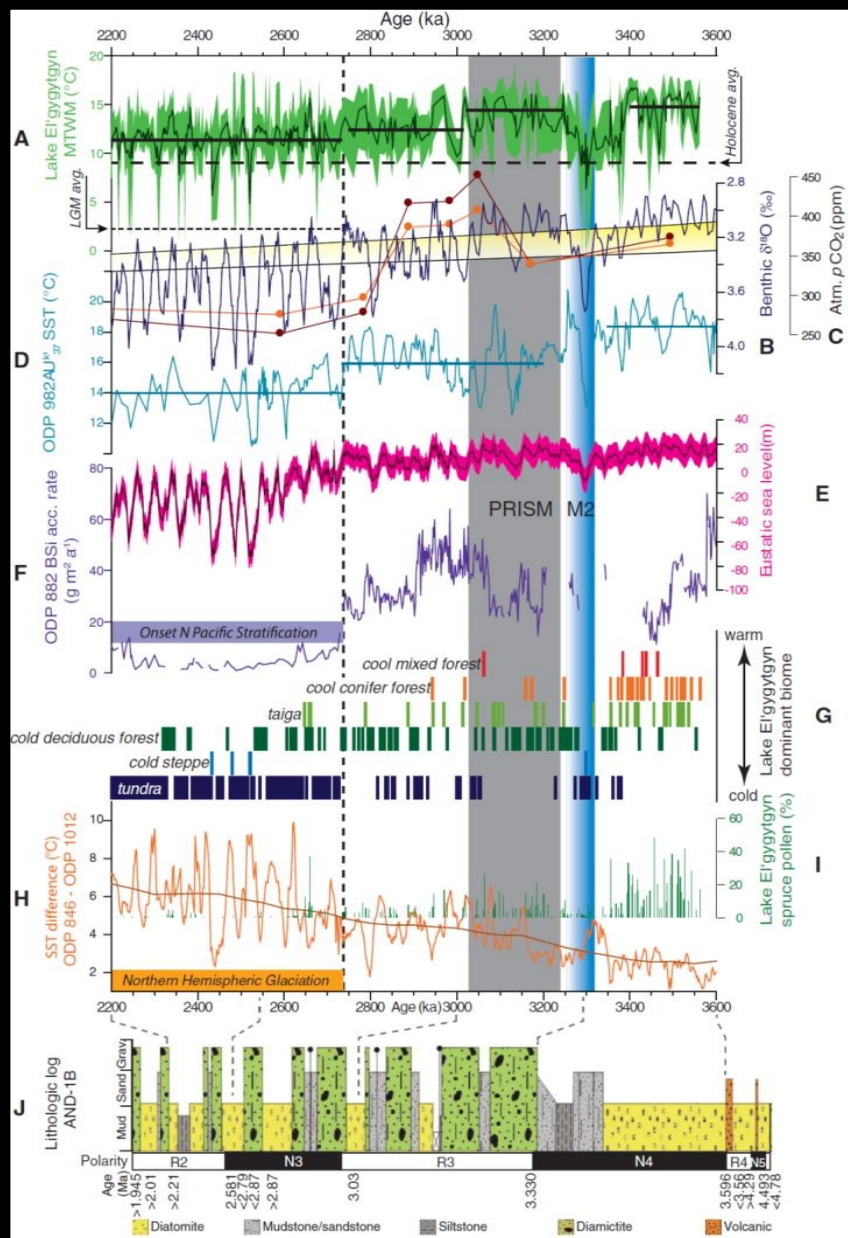


Рис. 2. Восстановления полей РОВ на основе экспресс измерений CDOM

чл.-к. РАН И.П. Семилетов, д. г.-м.н. Н.Е. Шахова, , д. г.-м.н. О.В. Дударев, к.г.н. С.П. Пугач, к.г.н. И.И. Пипко
Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН во взаимодействии
с Томским национальным исследовательским университетом



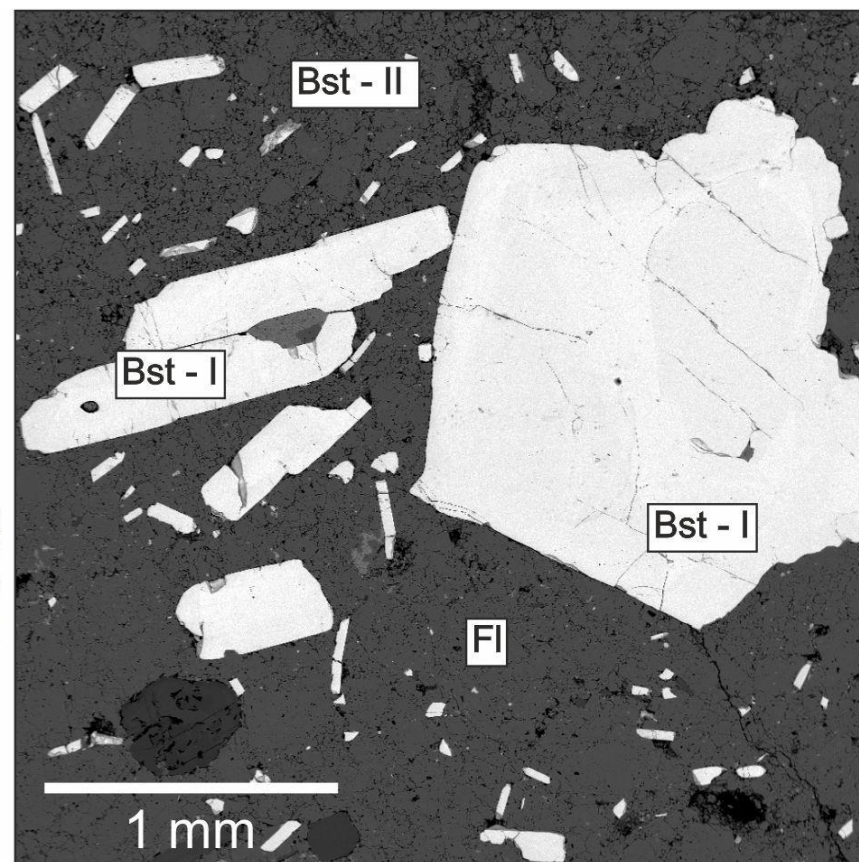
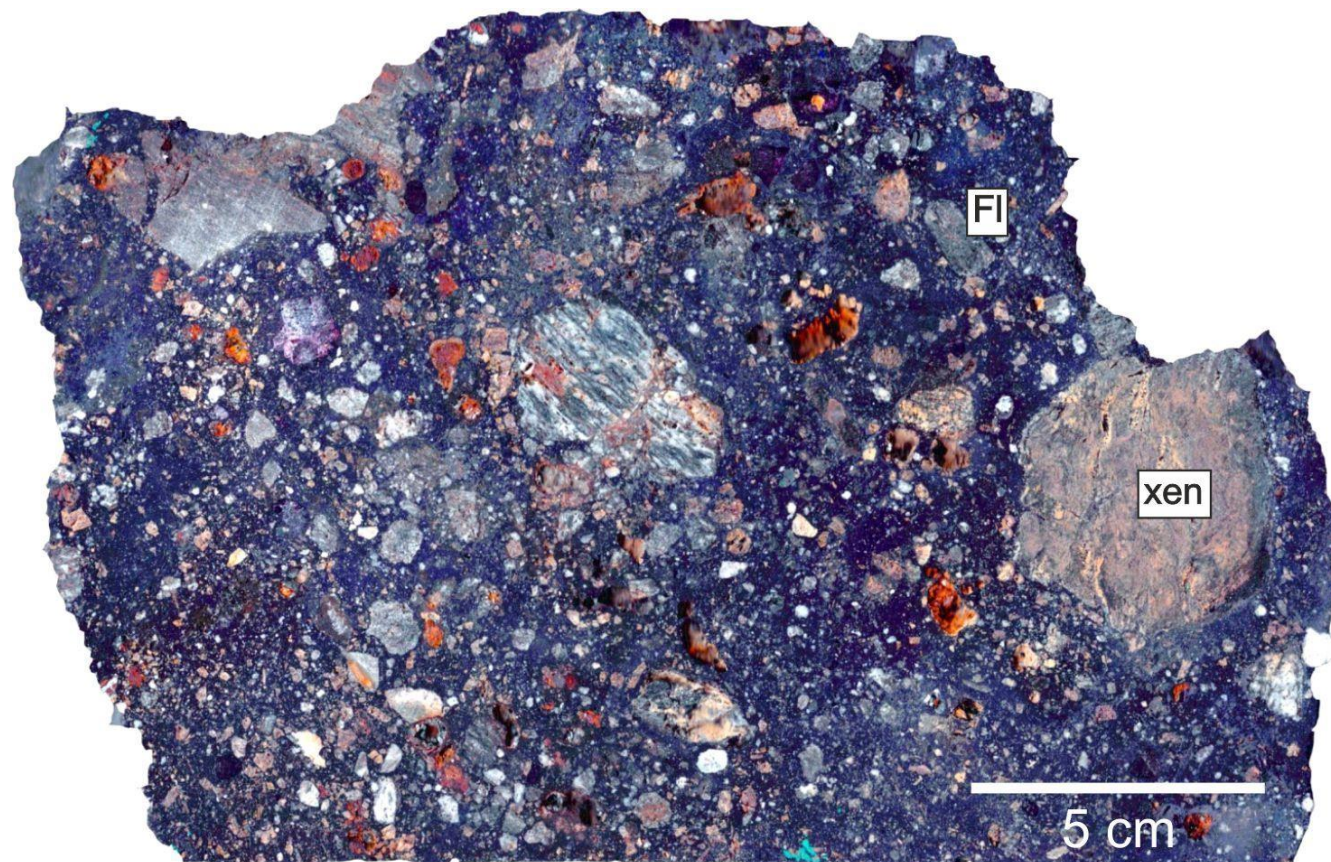


- Новые данные о климате плиоцена и раннего плейстоцена в интервале от 2,2 до 3,6 млн л.н. в результате изучения осадков оз. Эльгыгытгын. Установлено, что в этот период Арктика была очень теплой, хотя содержание CO₂ в атмосфере незначительно превышало современное. В среднем плиоцене выделен длительный теплый интервал со средними летними температурами 15–16 °С. Этот интервал совпадал с продолжительным периодом (1,2 млн лет), когда на Западной Антарктиде отсутствовал ледовый покров. Установлен ступенчатый характер изменений климата при переходе от плиоцена к плейстоцену (СВКНИИ ДВО РАН)

Установлен новый тип редкоземельного оруденения в Забайкалье, представленный флюорит-бастнезитовой минеральной ассоциацией. Изученные проявления (Улан-Удэнское, Портовое, Смолина) приурочены к эрозионному окну кристаллических пород (возраст $\text{Ar}/\text{Ar} \sim 140$ млн лет).

ГИ СО РАН

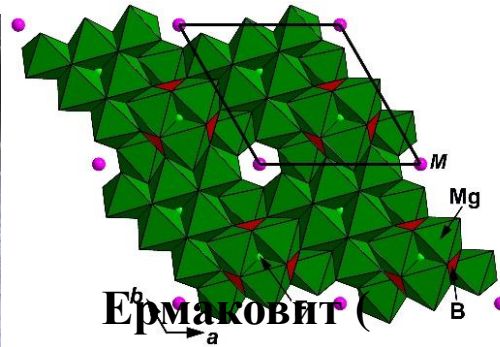
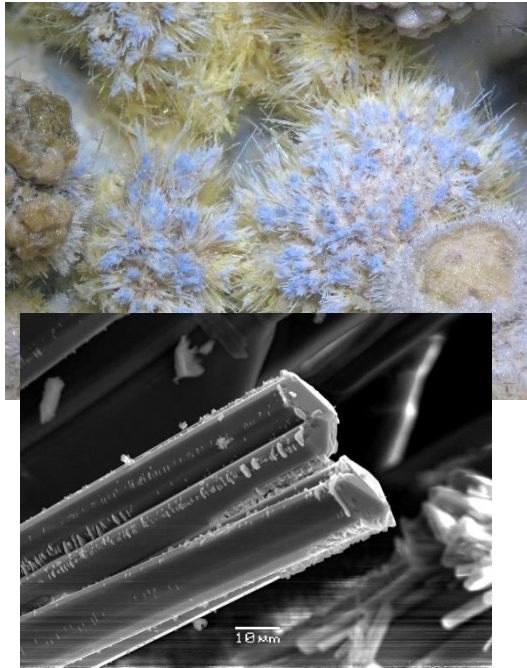
$(\text{Ce}, \text{La}, \text{Y})\text{CO}_3\text{F}$



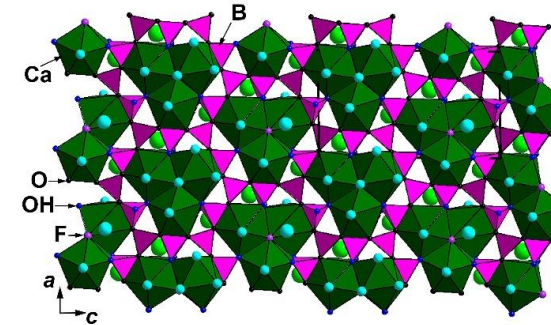
Открыты 26 новых минералов, среди которых – концентраторы редких элементов и носители технологически важных свойств

(Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Минералогический музей им. А.Е.Ферсмана РАН)

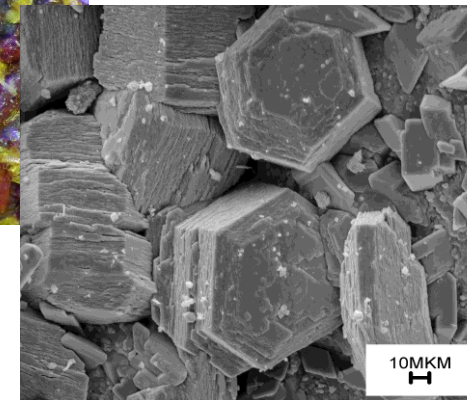
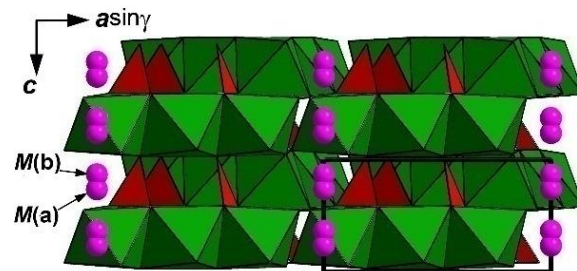
Рабдоборит-(Мо) $\text{Mg}_{12}(\text{Mo}, \text{W})^{6+}_{1/3}\text{O}_6(\text{BO}_3)_6\text{F}_2$ –
главный концентратор Мо и W в НТ-экспляциях
вулкана Толбачик



Попугаевит $\text{Ca}_3[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_6]\text{FCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$,
(кимберлитовая трубка Интернациональная, Якутия)

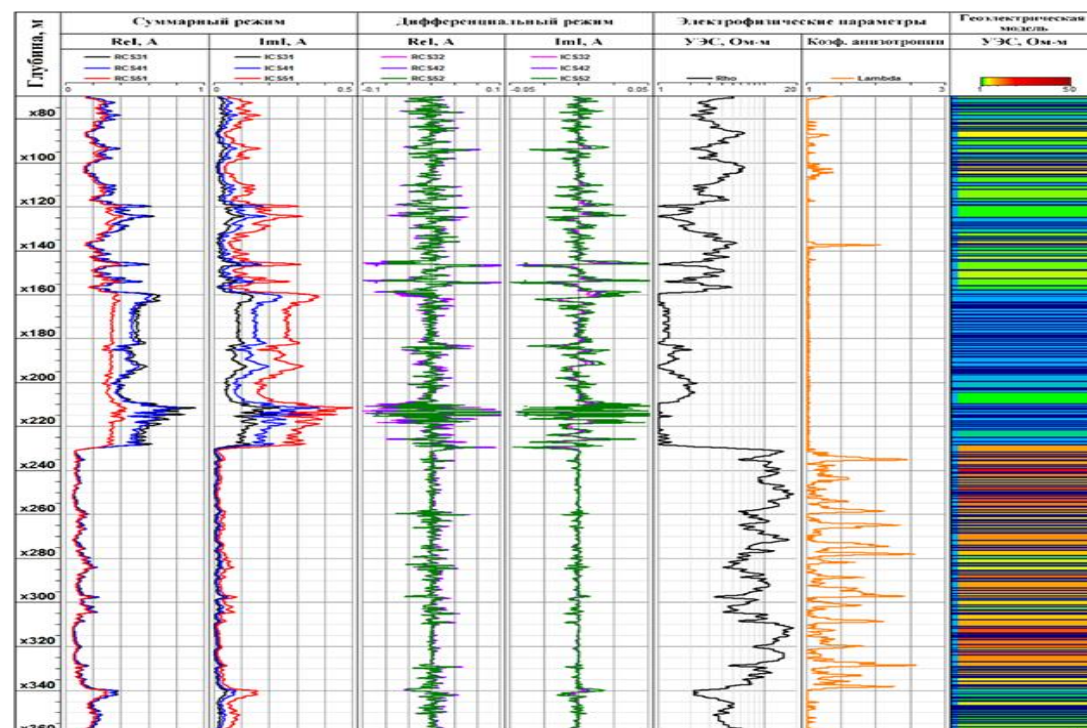
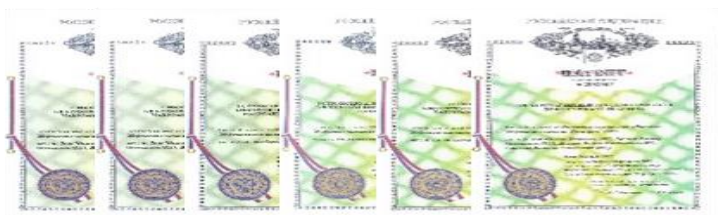


Ермаковит $\text{NH}_4(\text{As}_2\text{O}_3)_2\text{Br}$
(Фан-Ягнобское угольное месторождение-ние)



Новый электромагнитный зонд для высокоразрешающего каротажа скважин
(заказной целевой инновационный проект полного цикла ПАО «НК «Роснефть»)

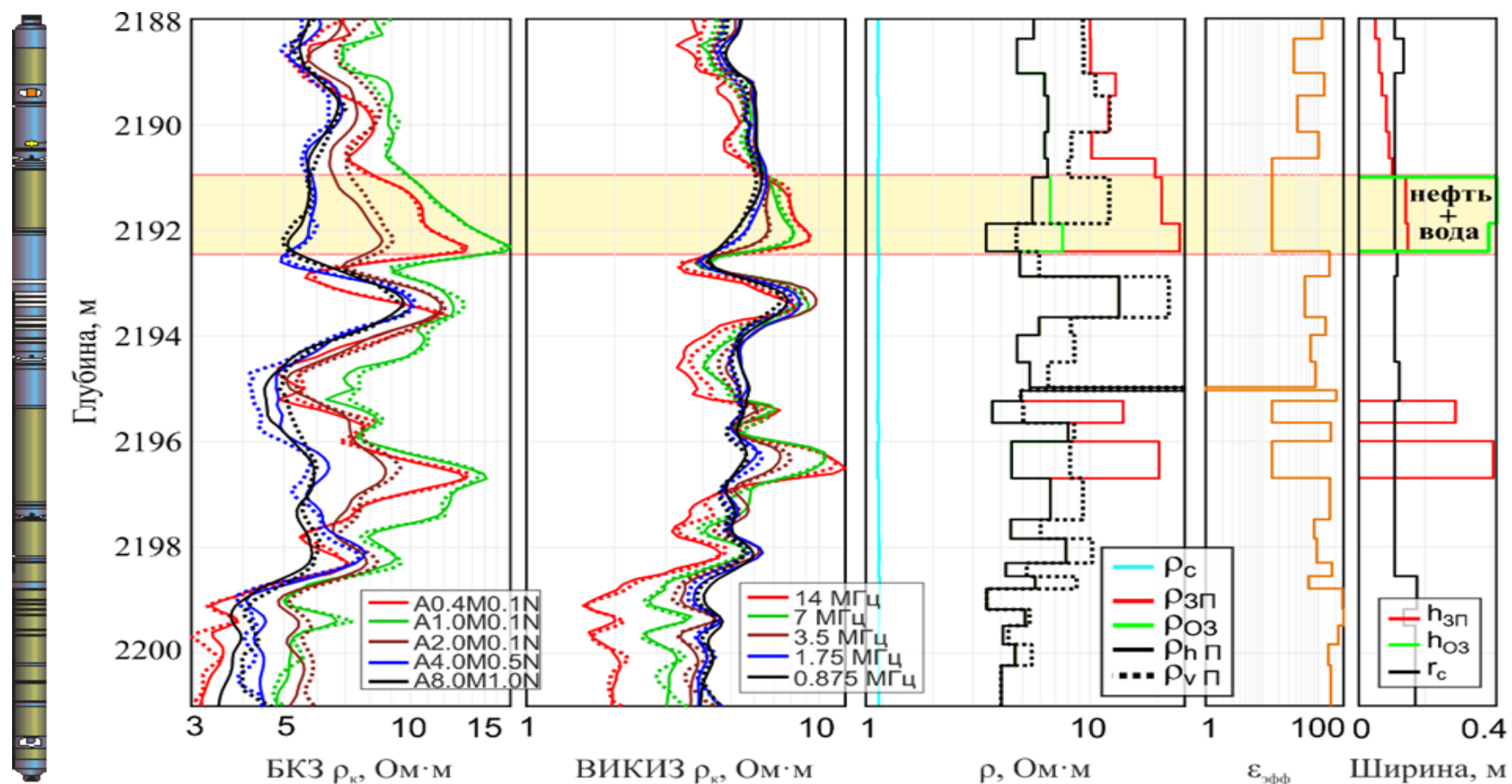
ИНГГ СО РАН
НПП ГА «Луч»



Новый программно-методический инструментарий обработки и интерпретации данных полного комплекса методов скважинной электрометрии в масштабе реального времени

(Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука СО РАН)

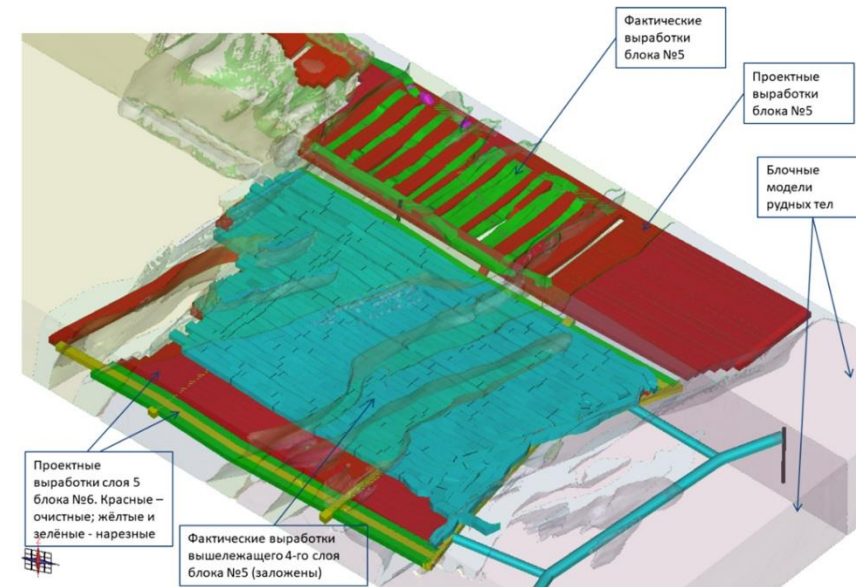
Программно-методический комплекс разработан на основе высокопроизводительных алгоритмов численных решений многомерных задач в полных математических постановках в рамках макроанизотропной частотно-зависимой геоэлектрической модели. С его использованием выполняется совместная численная обработка всех методов скважинной электрометрии современных комплексов каротажа. Эффективность применения показана при интерпретации каротажных данных для выявления пропущенных сложнопостроенных нефтяных коллекторов и уточнения их флюидонасыщения.



Цифровая технология планирования подземных горных работ, основанная на имитационном моделировании технологических процессов добычи и транспортировки горной массы

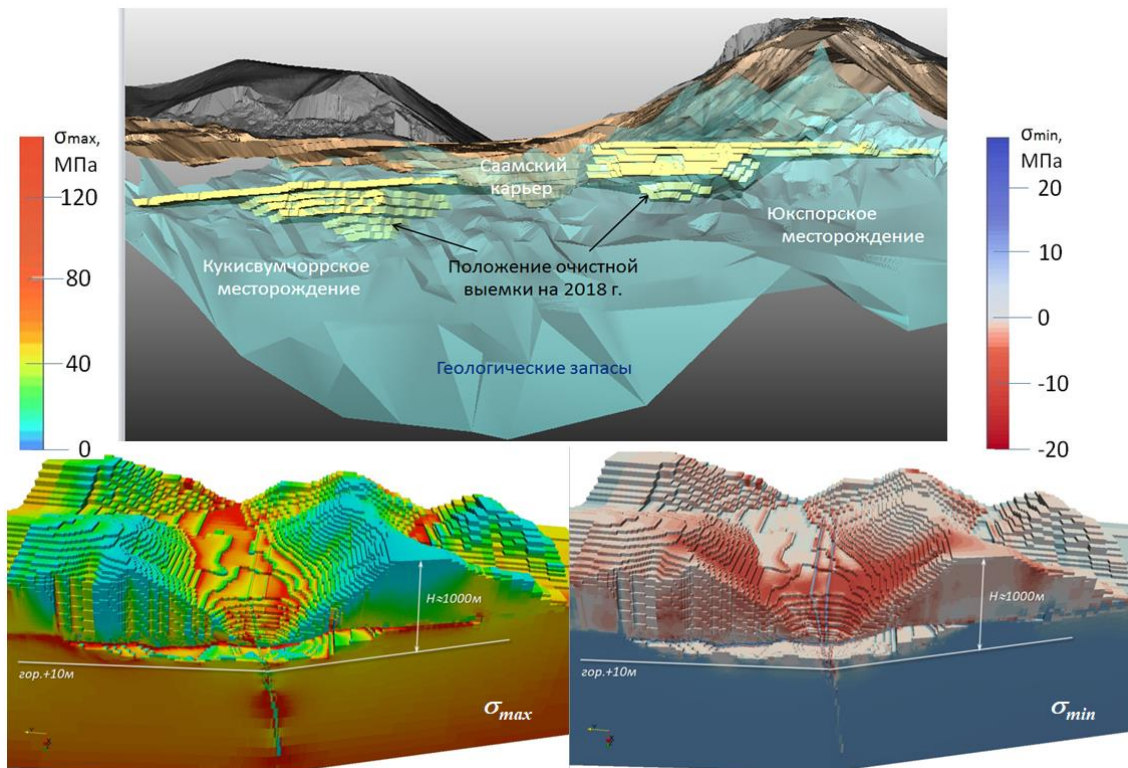
(ФИЦ «Кольский научный центр Российской академии наук», ГоИ КНЦ РАН)

В основе алгоритма лежит декомпозиция технологических процессов на объединённые в циклы операции, выбор которых осуществляется в автоматическом режиме с учётом технологических и геомеханических ограничений. Сценарий развития горных работ рассчитывается на основе целевых показателей с оптимизацией использования парка горной техники и персонала, а также минимизацией затрат на выполнение технологических операций.



На основе комплекса геологических, геомеханических и технологических моделей исследовано влияние масштабов открыто-подземной геотехнологии на состояние Хибинской горнотехнической системы. Выявлены закономерности перераспределения напряжений в окрестности очистных пространств на больших глубинах. Сформулированы основные принципы безопасной отработки месторождений в подобных геомеханических условиях.

ГоИ КНЦ РАН

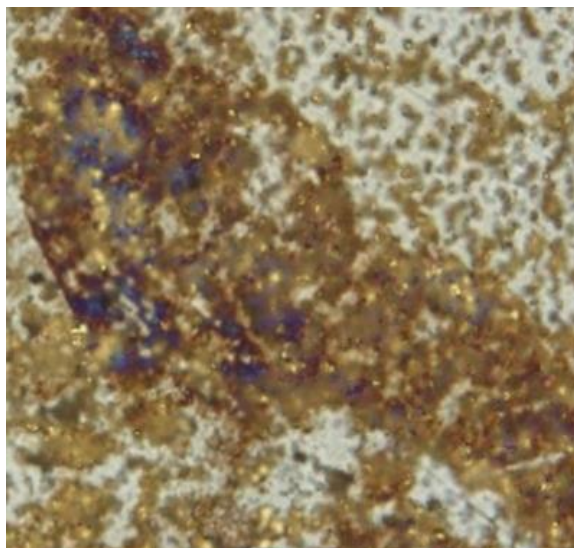


- Наиболее безопасной по геомеханическим условиям является схема с единой разрезкой на горизонте +10м в пределах Саамского разлома и развитием горных работ к флангам рудной залежи. Обеспечение необходимой производительности (25 млн.т./год в долгосрочной перспективе возможно только при реализации схемы развития очистных работ с двумя разрезками – на Юкспорском и на Кукисвумчорском месторождениях

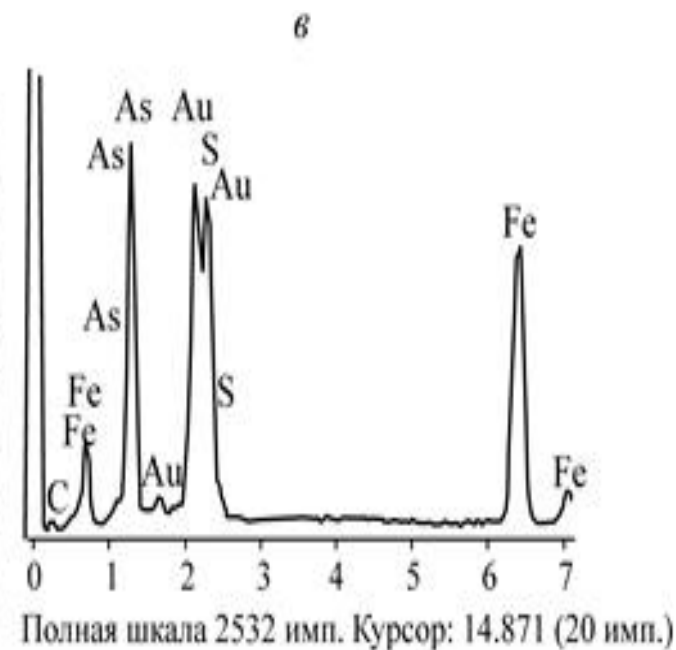
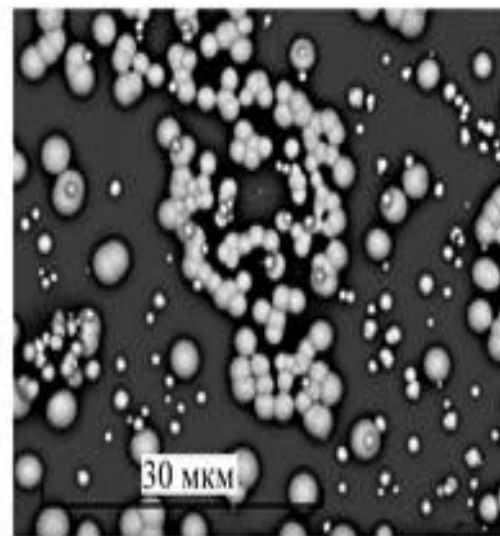
Поиск новых реагентов для повышения содержания золота в концентрате в условиях флотации

(Институт проблем комплексного освоения недр им. Н.В. Мельникова РАН)

На основе комплекса современных методов UV и IR спектроскопии, SLM и ASEM микроскопии научно обоснован и экспериментально подтвержден механизм сорбции новых комплексообразующих реагентов группы пиразолов (ДТМ) и дитиокарбаматов (МДТК), обеспечивающих селективную гидрофобизацию золотосодержащих сульфидов и эффективное извлечение микро- и наноразмерного золота из труднообогатимых руд. Применение данных реагентов позволяет повысить содержание золота в концентрате более, чем в 2 раза при повышении извлечения на 8-10 % в условиях флотации руды Олимпиадинского месторождения.



Химическое соединение ДТМ
с золотом на арсенопирите



T. N. Matveeva, N. K. Gromova, and L. B. Lantsova. Analysis of Complexing and Adsorption Properties of Dithiocarbamates Based on Cyclic and Aliphatic Amines for Gold Ore Flotation. Journal of Mining Science. 2020. (56) 2:268–274. WoSQ2

T. N. Matveeva, V. A. Chanturiya, V.V. Getman. Thermo-sensitive polymers and modified reagents for flocculation and flotation of Au and Pt in the processing of complex ores. Proc. XXX IMPC – 2020. Cape-Town.

Внедрение магнитно-гравитационной сепарации на основе разработанного промышленного магнитно-гравитационного сепаратора МГС-2.0

(ФИЦ «Кольский научный центр Российской академии наук», ГоИ КНЦ РАН)



Завершено внедрение на АО «Карельский окатыш» (ПАО «Северсталь») – установлено 48 сепараторов;

Внедрение на обогатительной фабрике ООО "ГРК "Быстринское" (ПАО «ГМК «Норильский никель») – 8 сепараторов;

Проведены промышленные испытания четырех магнитно-гравитационных сепараторов МГС-2.0 на АО «Стойленский ГОК» (ПАО «НЛМК»);

Проведены промышленные испытания магнитно-гравитационных сепараторов МГС-2.0 на фабрике обогащения Соколовско-Сарбайского ГОКа (ФРПО АО «ССГПО», Казахстан)

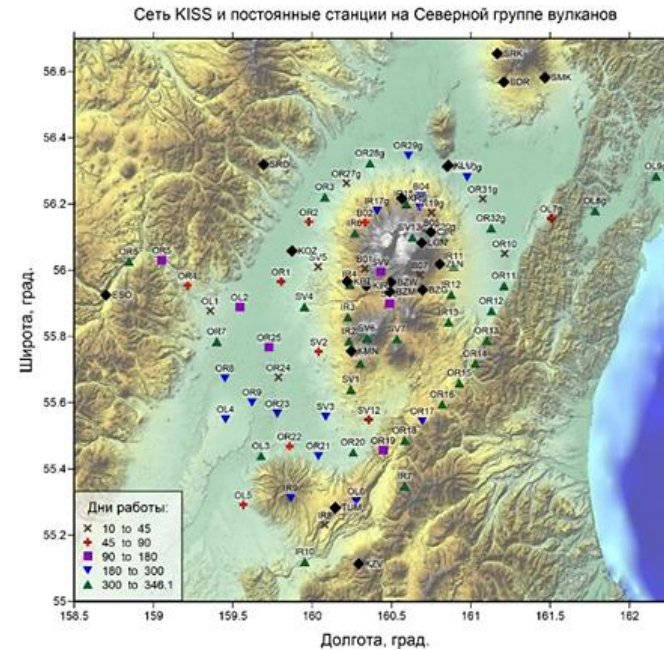
Авторы: *Опалев А.С., Новикова И.В., Матвеева Е.Л., Черезов А.А., Цырятьев И.В.*

Детальная структура магматических источников под Северной группой вулканов на Камчатке

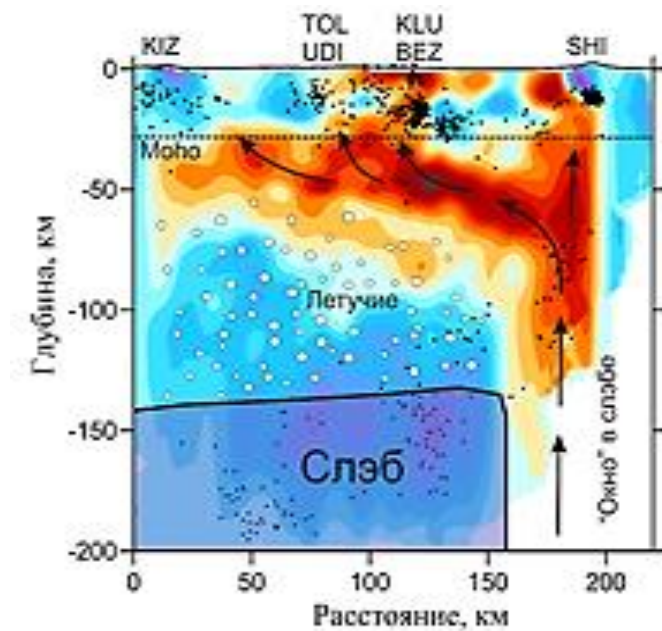
(ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука СО РАН, Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН)

Завершена обработка уникальных данных сети KISS (более 100 станций) с использованием нескольких независимых методик. Получена беспрецедентная по детальности модель строения коры и верхов мантии под Северной группой вулканов на Камчатке (одной из самых активных в мире).

Полученные сейсмические структуры и выявленные землетрясения маркируют подъем горячего вещества под Шивелучем через разрыв в Тихоокеанской плите. При достижении подошвы коры, этот поток распространяется в сторону Ключевской группы и Кизимена, формируя там магматические очаги. Однако существует вероятность питания вулкана Кизимен из другого источника, что согласуется с концепцией дискретных «hot fingers».



Сеть сейсмических станций для детального изучения структуры мантии и земной коры под Ключевской группой вулканов - Klychevskoy Investigation - Seismic Structure (KISS)



Сейсмические аномалии вдоль сечения Шивелуч - Кизимен и их интерпретация.

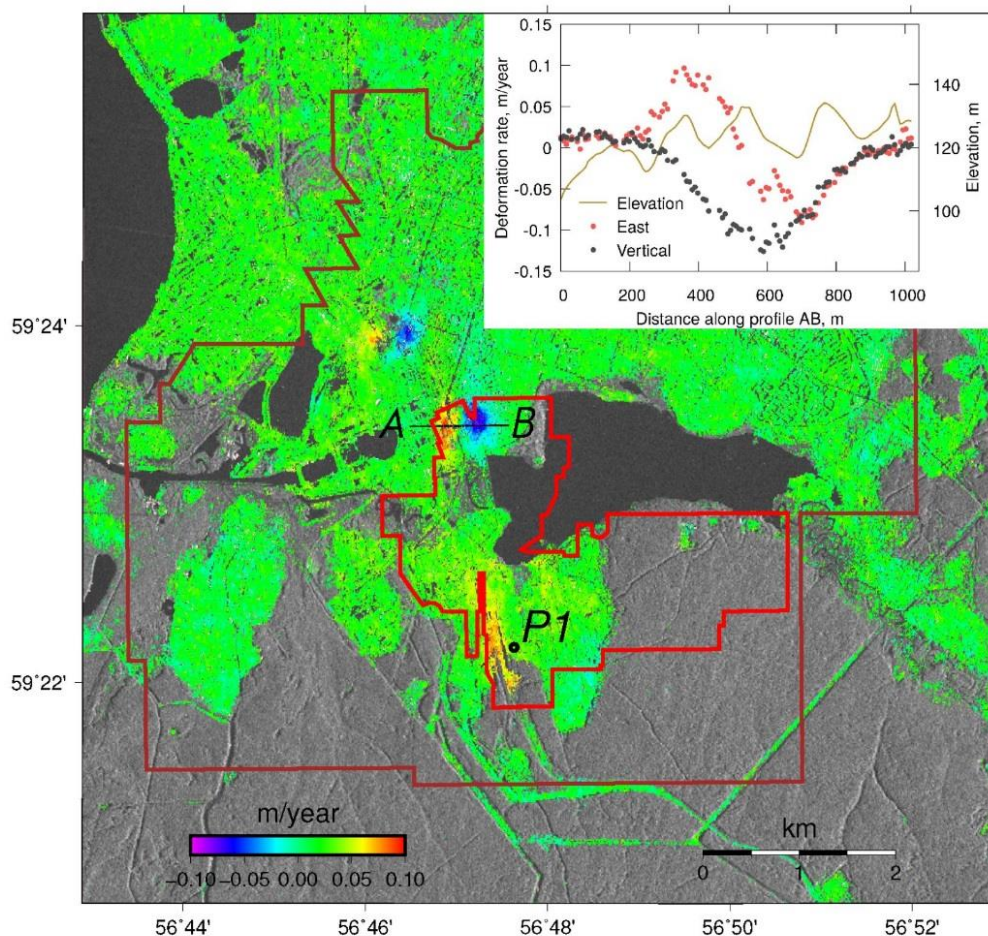
Обозначения вулканов: SHI – Шивелуч, KLU – Ключевской, BEZ – Безымянный, TOL – Толбачик, UDI – Удина, KIZ - Кизимен

Koulakov I., Shapiro N.M., Sens-Schönfelder C., Luehr B.G., Gordeev E.I. et al. Geophys. Res. Solid Earth, 2020, 125, e2020JB020097.

Green G.R., Sens-Shonfelder C., Shapiro N., Koulakov I., Tilmann F., Dreiling J., Luehr B., Yakovlev A., Abkadyrov I., Droznin D., Gordeev E.J. Geophys. Res. Solid Earth, 2020, V. 125, P. 1-22.

Мониторинг уровня техногенной опасности разрушения зданий и объектов инфраструктуры на подработанных территориях в районе калийных рудников

(Горный институт - филиал Пермского ФИЦ УрО РАН)



(b) East, RADARSAT-2, 20111027-20140412

- Для оценки горизонтальных компонент деформации земной поверхности, обусловленной подземными горными работами использован метод DInSAR измерений восходящего и нисходящего треков спутника RADARSAT-2, обработанных в программном комплексе MSBAS (Рис. 15). Сравнение полученных результатов с предельными величинами позволяют непосредственно в мониторинговом режиме отслеживать уровень техногенной опасности разрушения зданий и объектов инфраструктуры на подработанных территориях.