

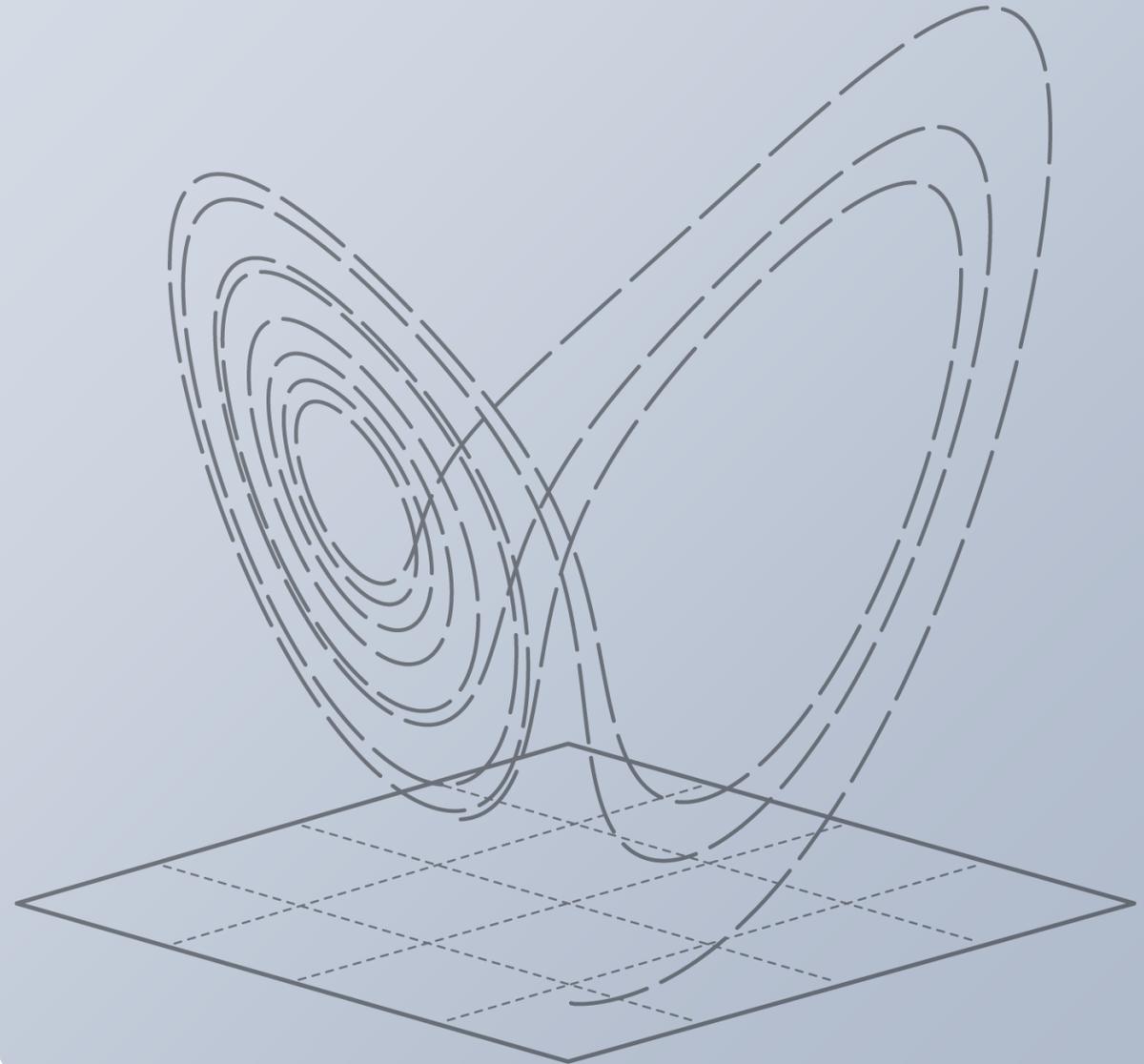
ПЛАТФОРМА НТИ

20.35  
УНИВЕРСИТЕТ



# 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

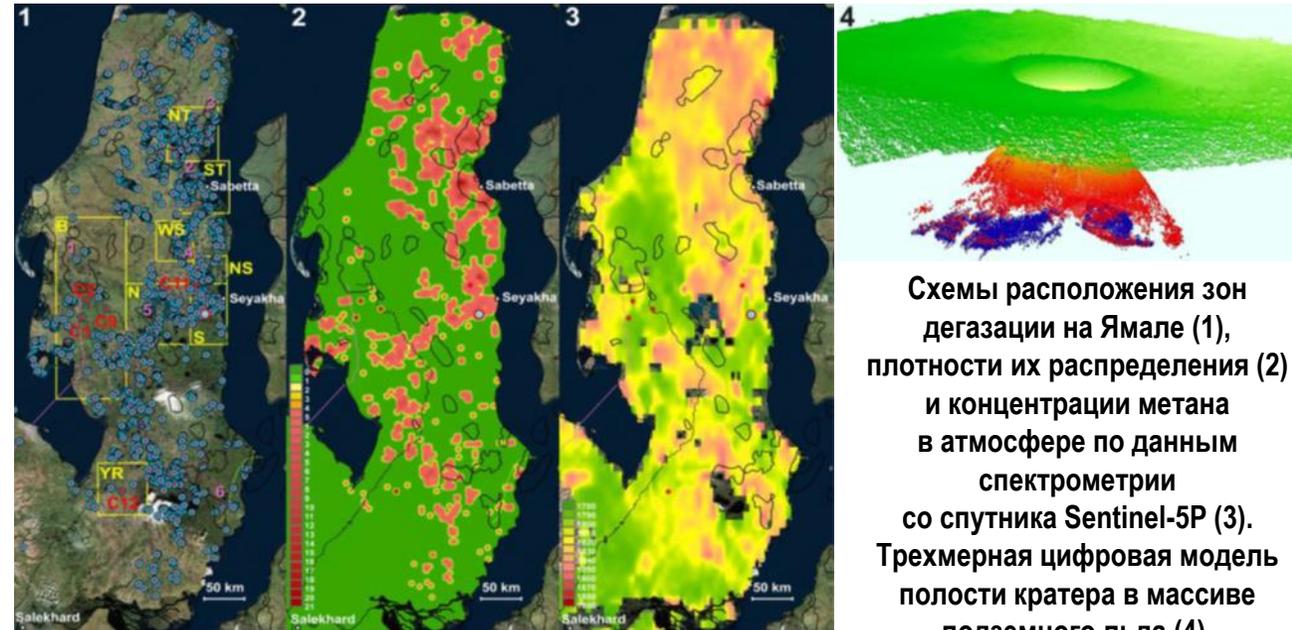
(Институт проблем нефти и газа РАН)

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 газозрывоопасных 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 газозрывоопасной 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.

**Vogoyavlensky 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.



Схемы расположения зон дегазации на Ямале (1), плотности их распределения (2) и концентрации метана в атмосфере по данным спектрометрии со спутника Sentinel-5P (3). Трехмерная цифровая модель полости кратера в массиве подземного льда (4).

# 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<sub>2</sub> и метана. [1, 2]. Показано, что массивные 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<sub>2</sub> [5].

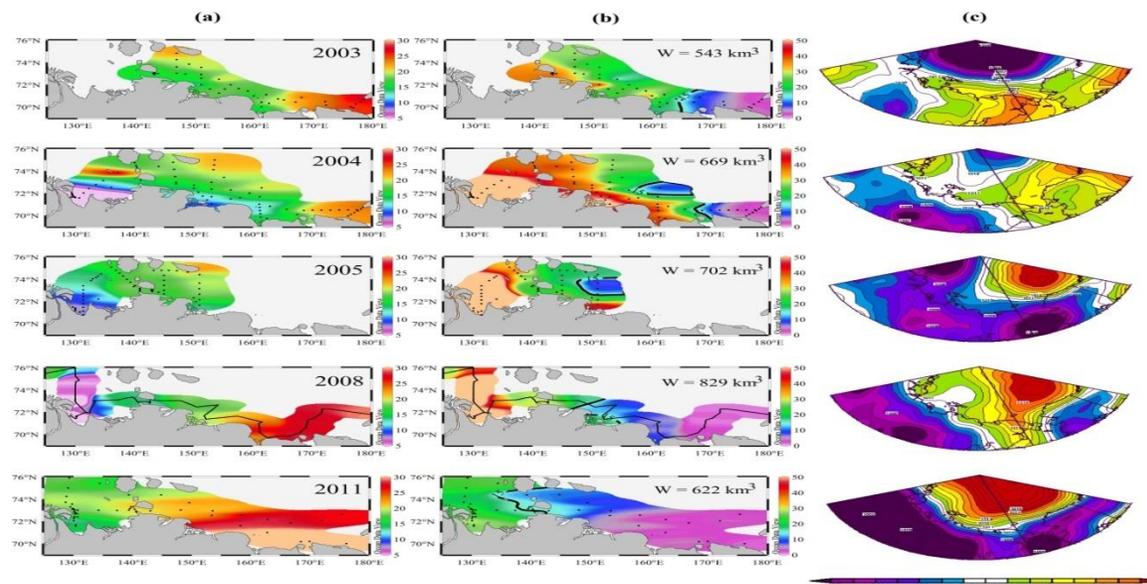


Рис. 1. Межгодовая пространственно-временная изменчивость шлейфа РОВ реки Лены определяется атмосферной циркуляцией

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.

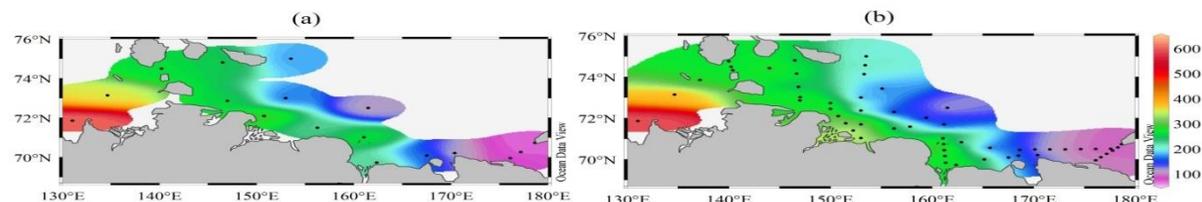
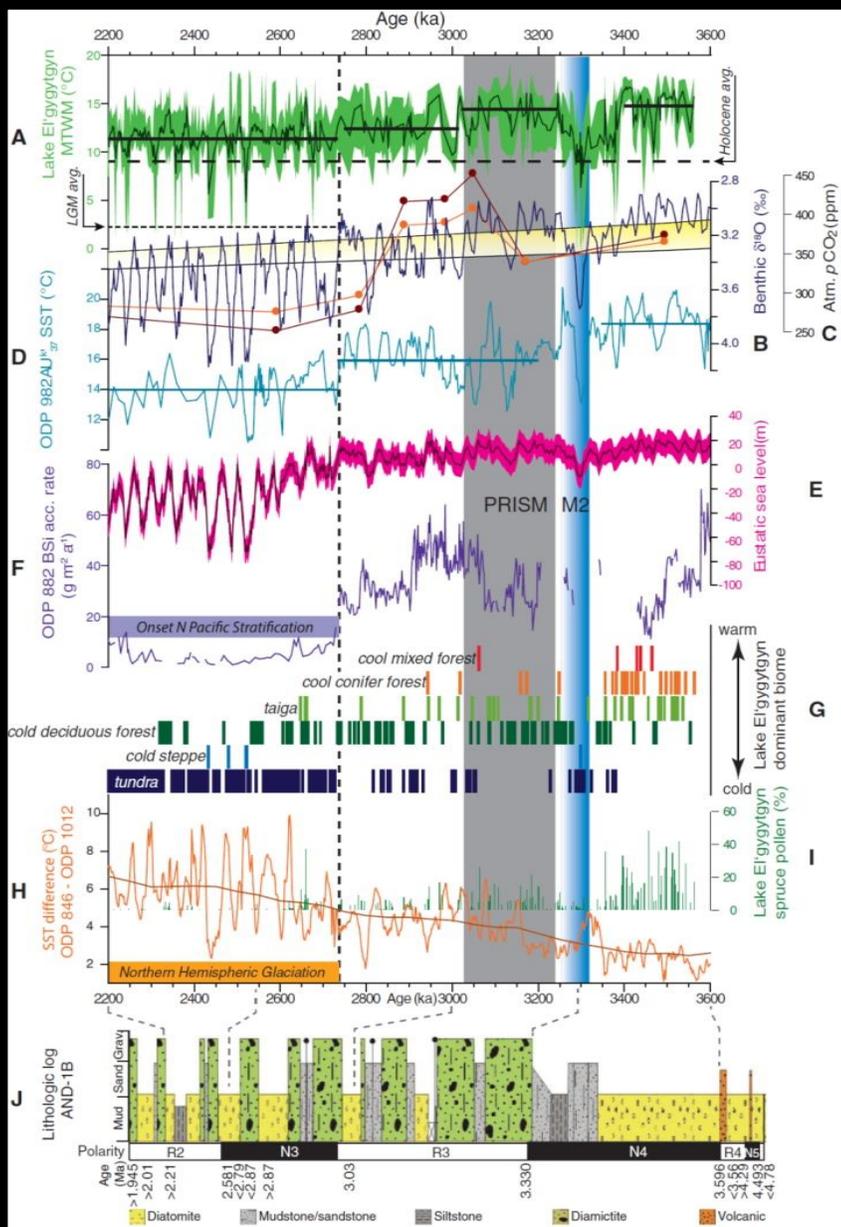


Рис. 2. Восстановления полей РОВ на основе экспресс измерений CDOM

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



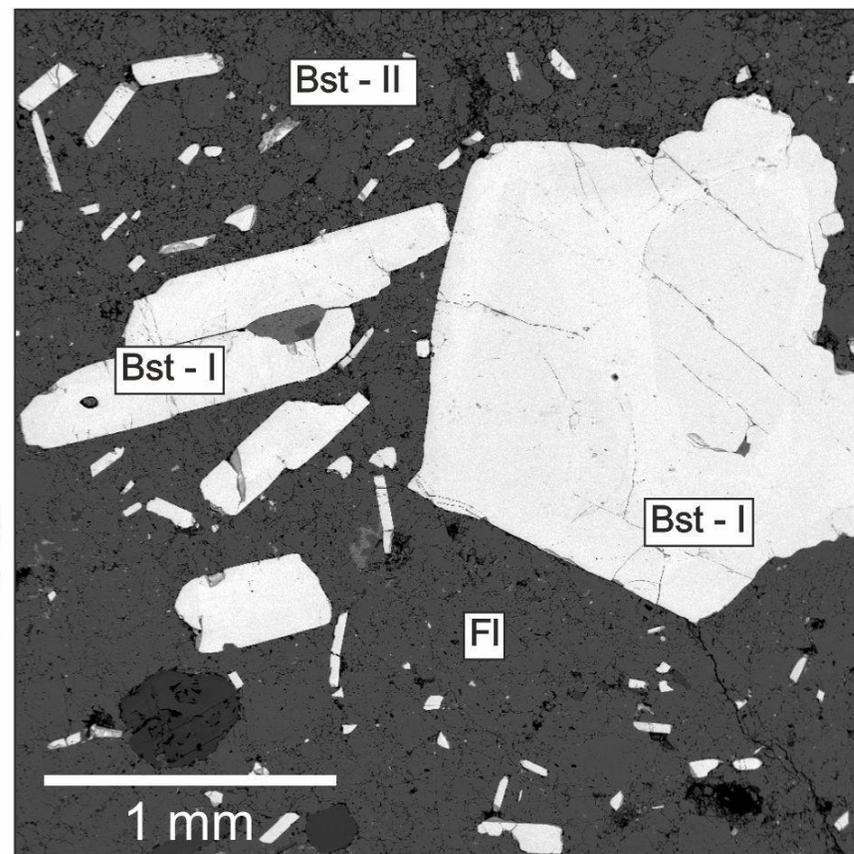
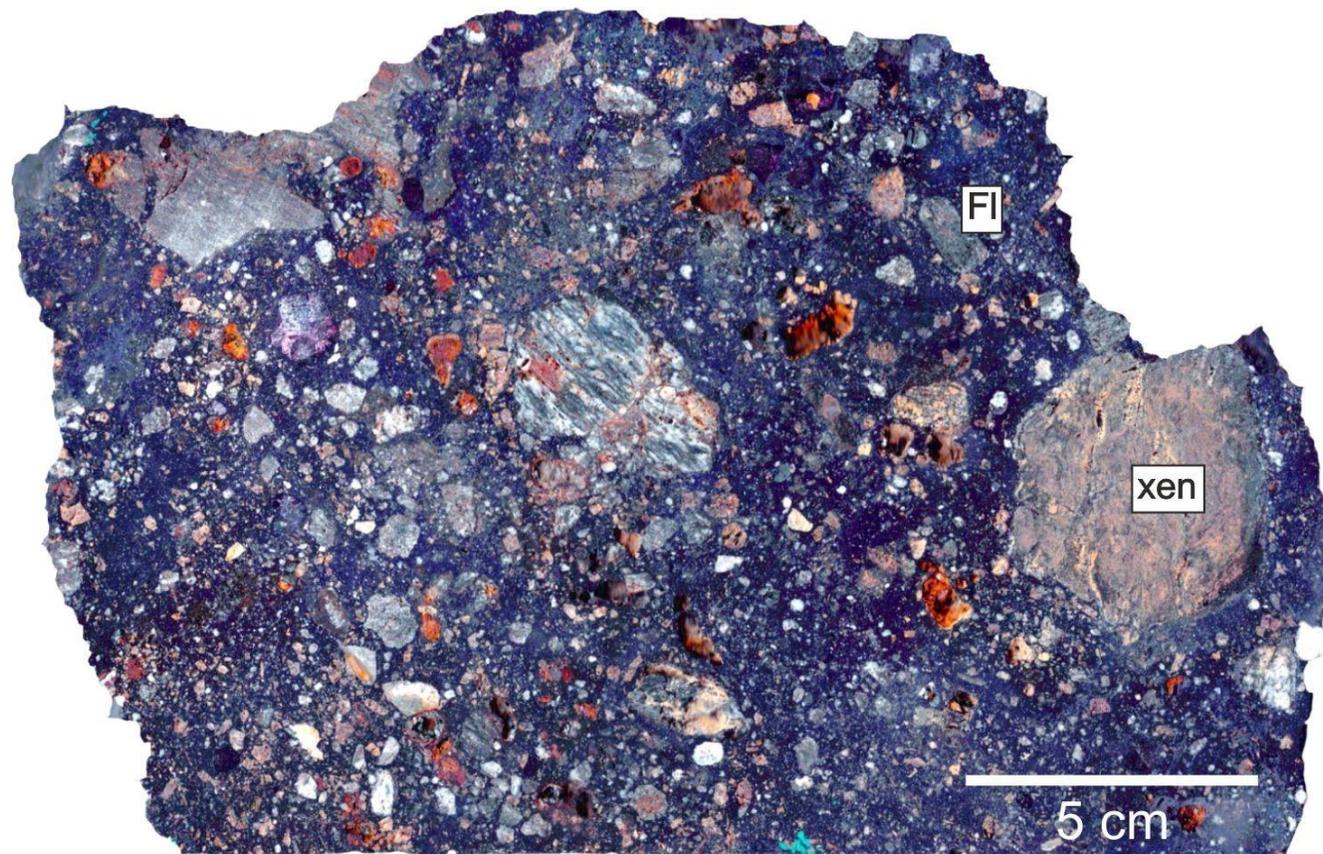


- Новые данные о климате плиоцена и раннего плейстоцена в интервале от 2,2 до 3,6 млн л.н. в результате изучения осадков оз. Эльгыгытгын. Установлено, что в этот период Арктика была очень теплой, хотя содержание CO<sub>2</sub> в атмосфере незначительно превышало современное. В среднем плиоцене выделен 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  $Ar/Ar \sim 140$  млн лет).

ГИ СО РАН

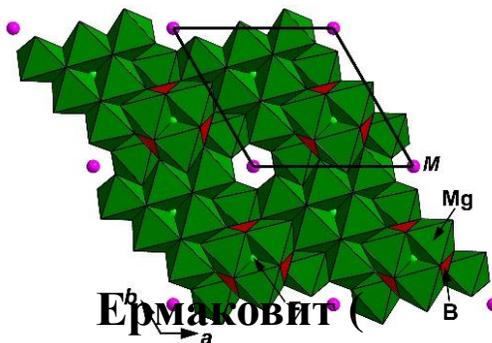
$(Ce, La, Y)CO_3F$



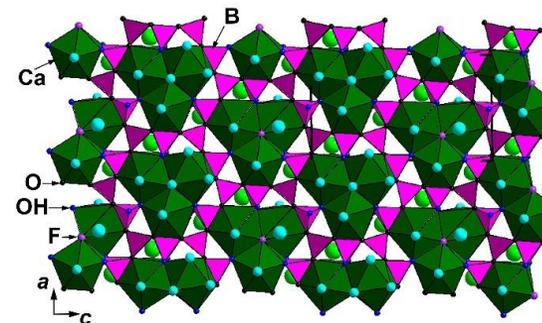
# Открыты 26 новых минералов, среди которых – концентраты редких элементов и носители технологически важных свойств

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

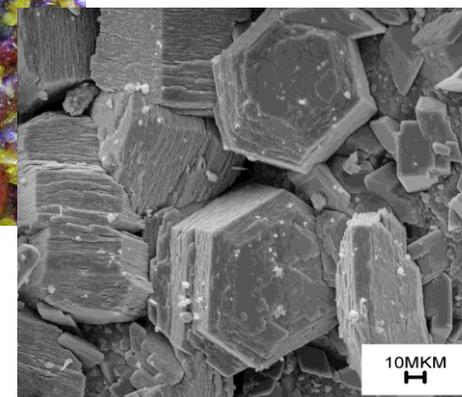
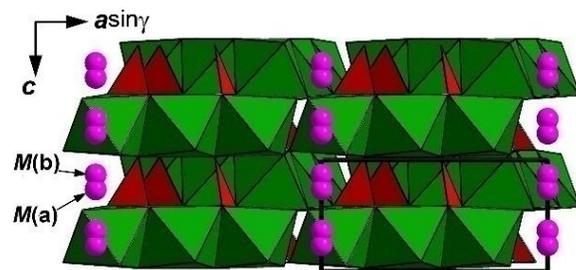
**Рабдоборит-(Мо)**  $Mg_{12}(Mo,W)^{6+}_{1/3}O_6(BO_3)_6F_2$  –  
главный концентрат Мо и W в НТ-экзгальциях  
вулкана Толбачик



**Попугаевит**  $Ca_3[B_5O_6(OH)_6]FCl_2 \cdot 8H_2O$ ,  
(кимберлитовая трубка Интернациональная, Якутия)

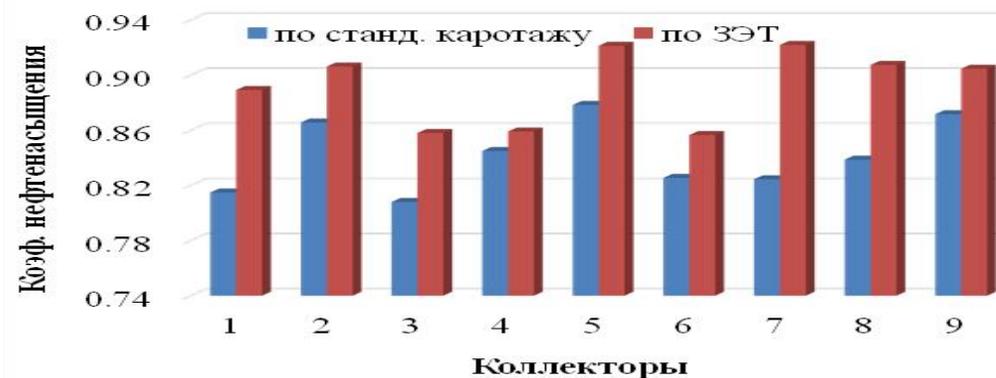
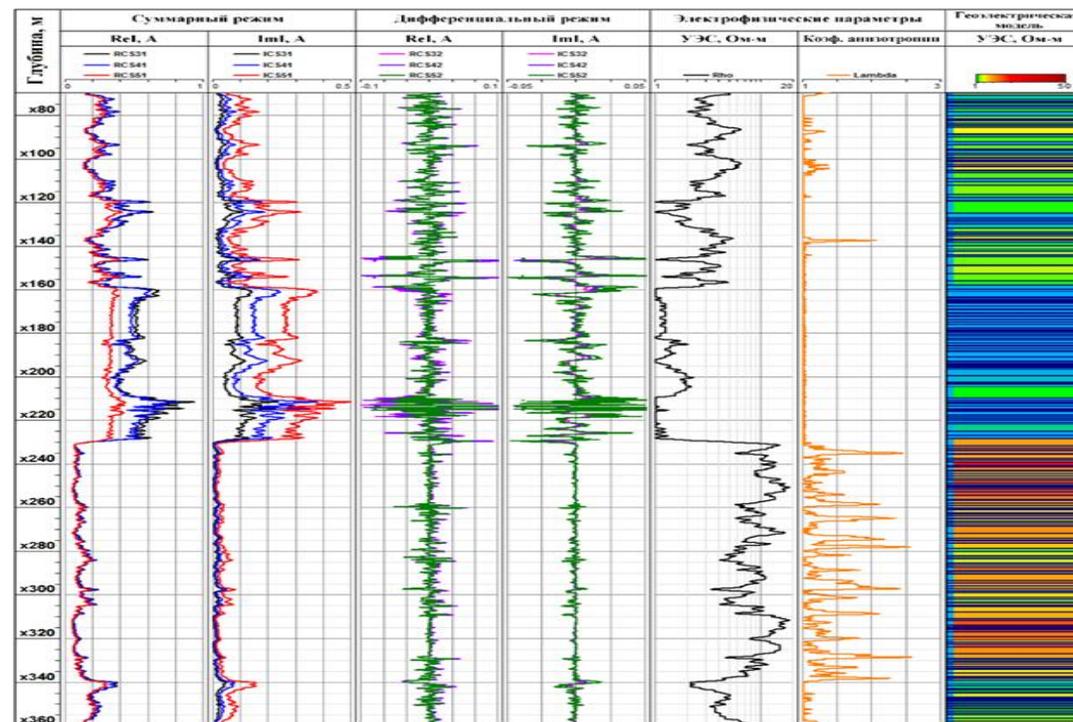
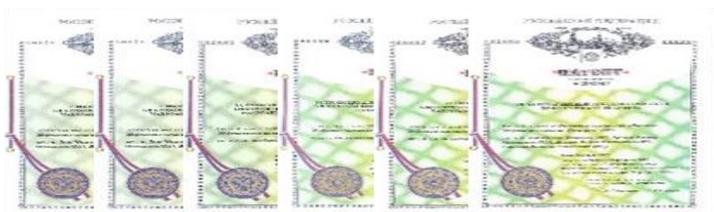
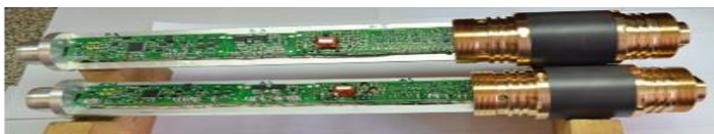


**Ермаковит**  $NH_4(As_2O_3)_2Br$   
(Фан-Ягнобское угольное месторождение-ние)



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

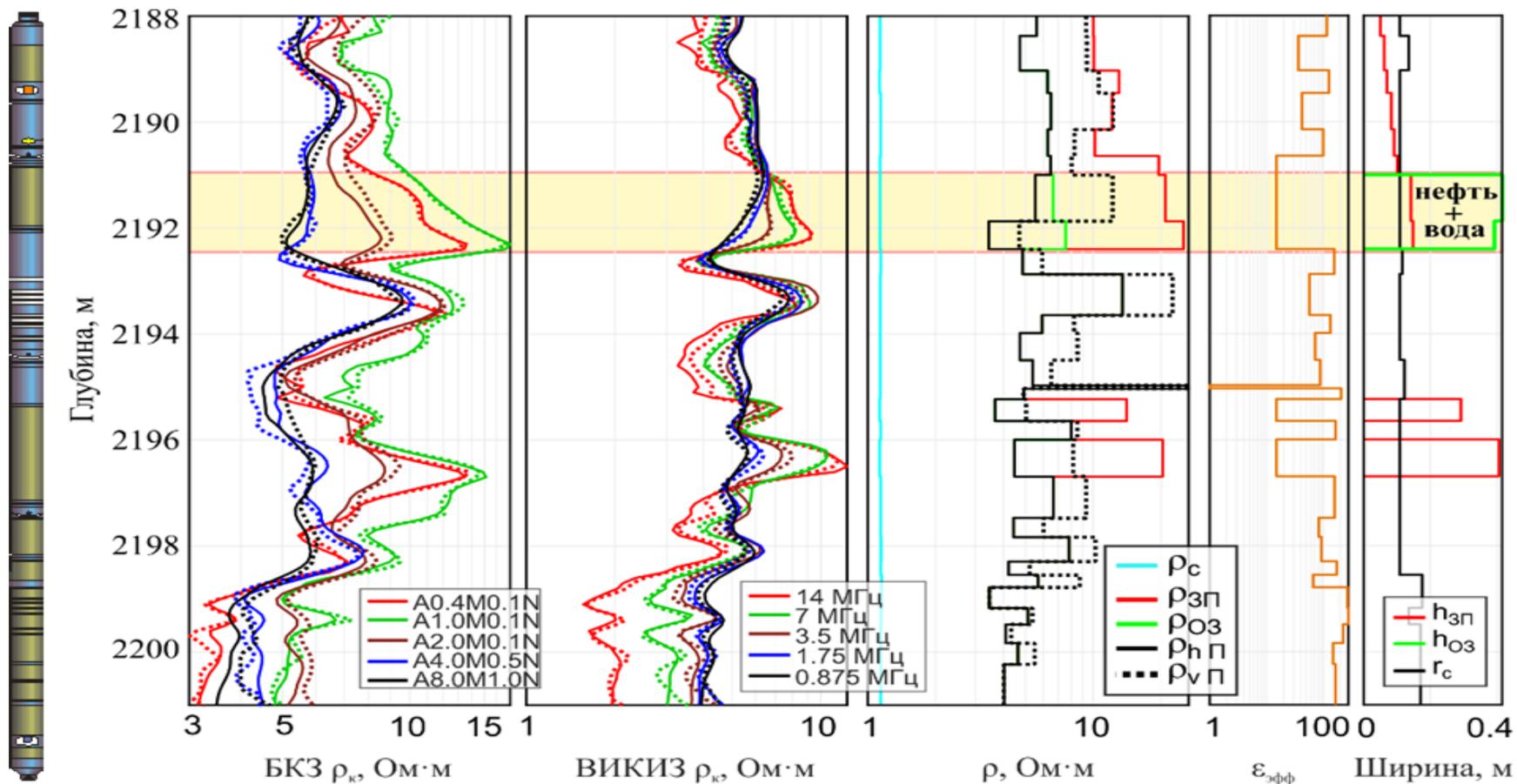
ИНГГ СО РАН  
НПП ГА «Луч»



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

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

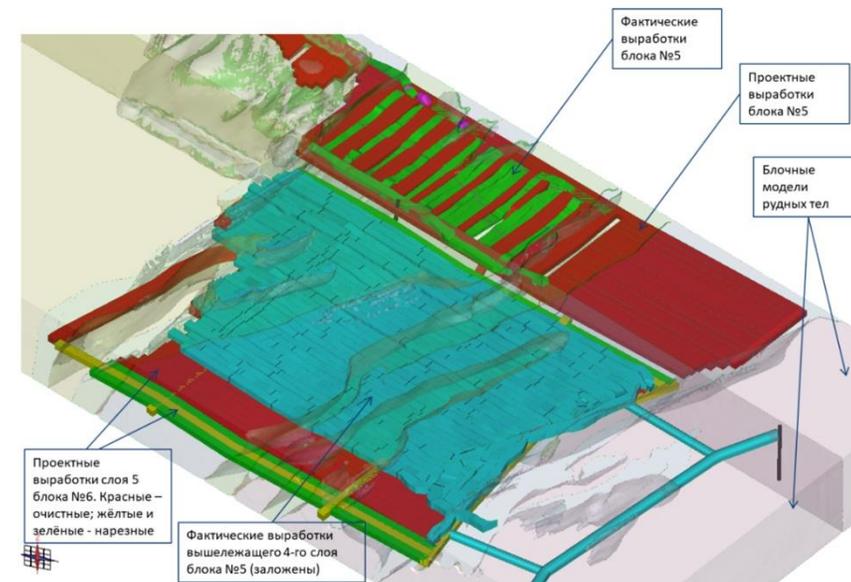
Программно-методический комплекс разработан на основе высокопроизводительных алгоритмов численных решений многомерных задач в полных математических постановках в рамках макроанизотропной частотно-зависимой геоэлектрической модели. С его использованием выполняется совместная численная обработка всех методов скважинной электротометрии 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

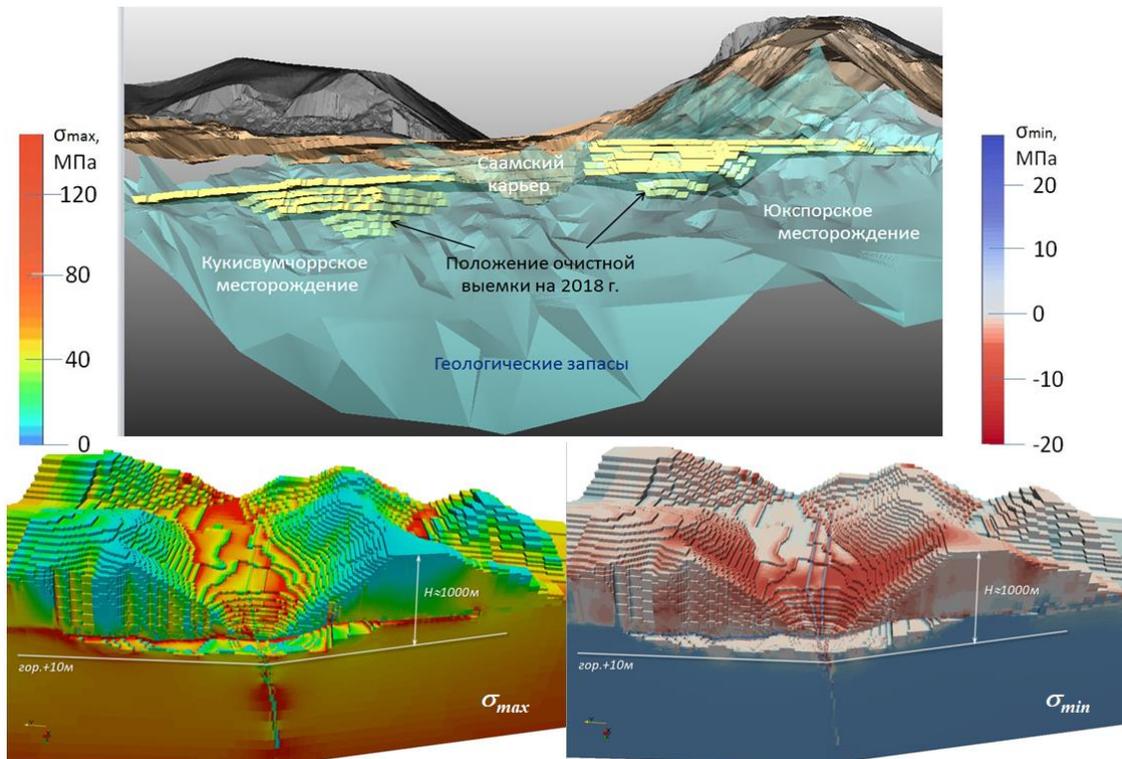
(ФИЦ «Кольский научный центр Российской академии наук», ГоИ КНЦ РАН)

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

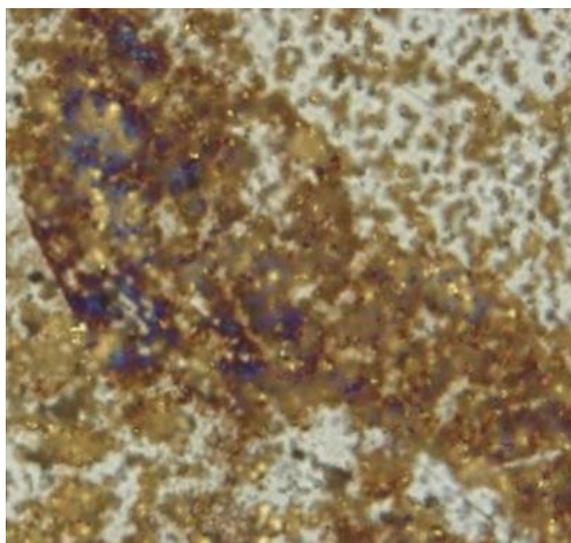


- Наиболее безопасной по геомеханическим условиям является схема с единой разрезкой на горизонте +10м в пределах Саамского разлома и развитием горных работ к флангам рудной залежи. Обеспечение необходимой производительности (25 млн.т./год в долгосрочной перспективе возможно только при реализации схемы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

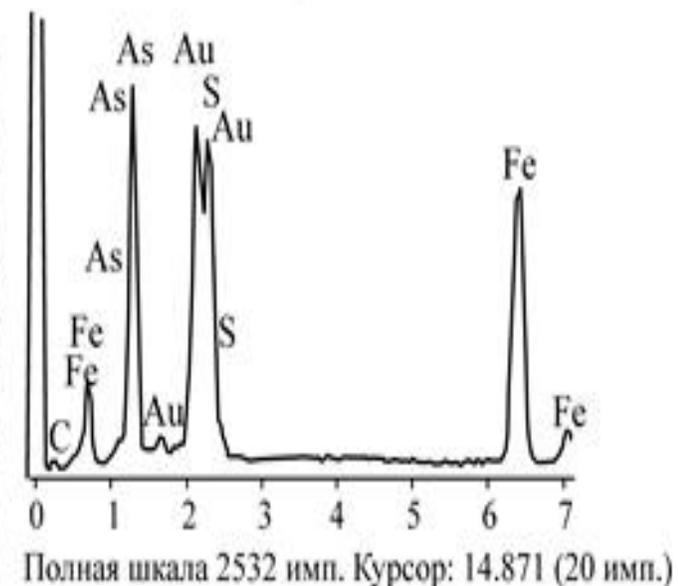
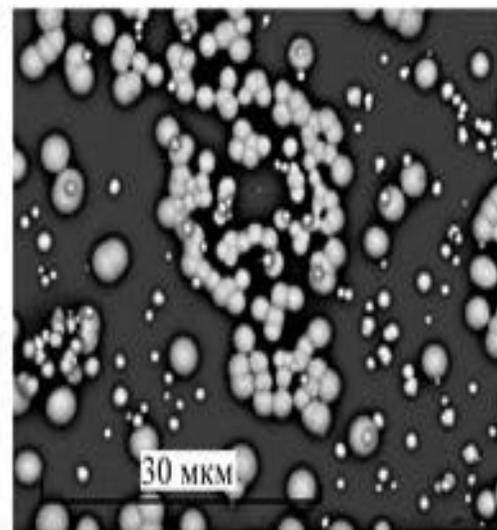
## Поиск новых реагентов для повышения содержания золота в концентрате в условиях флотации

(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)

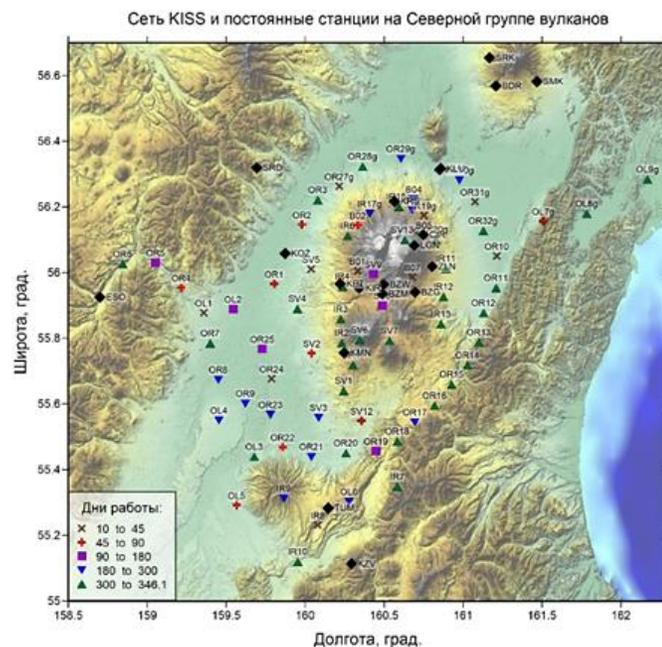
Авторы: *Опалев А.С., Новикова И.В., Матвеева Е.Л., Черезов А.А., Цырятьев И.В.*

## Детальная структура магматических источников под Северной группой вулканов на Камчатке

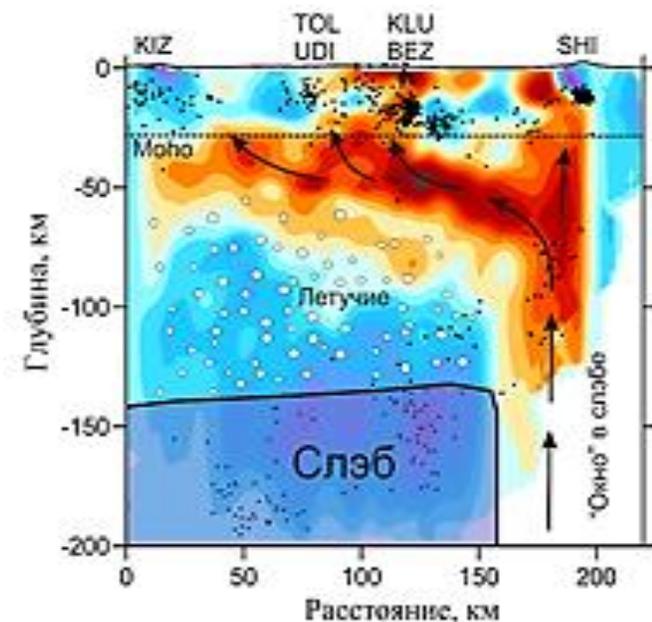
(ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука СО РАН, Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН)

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.

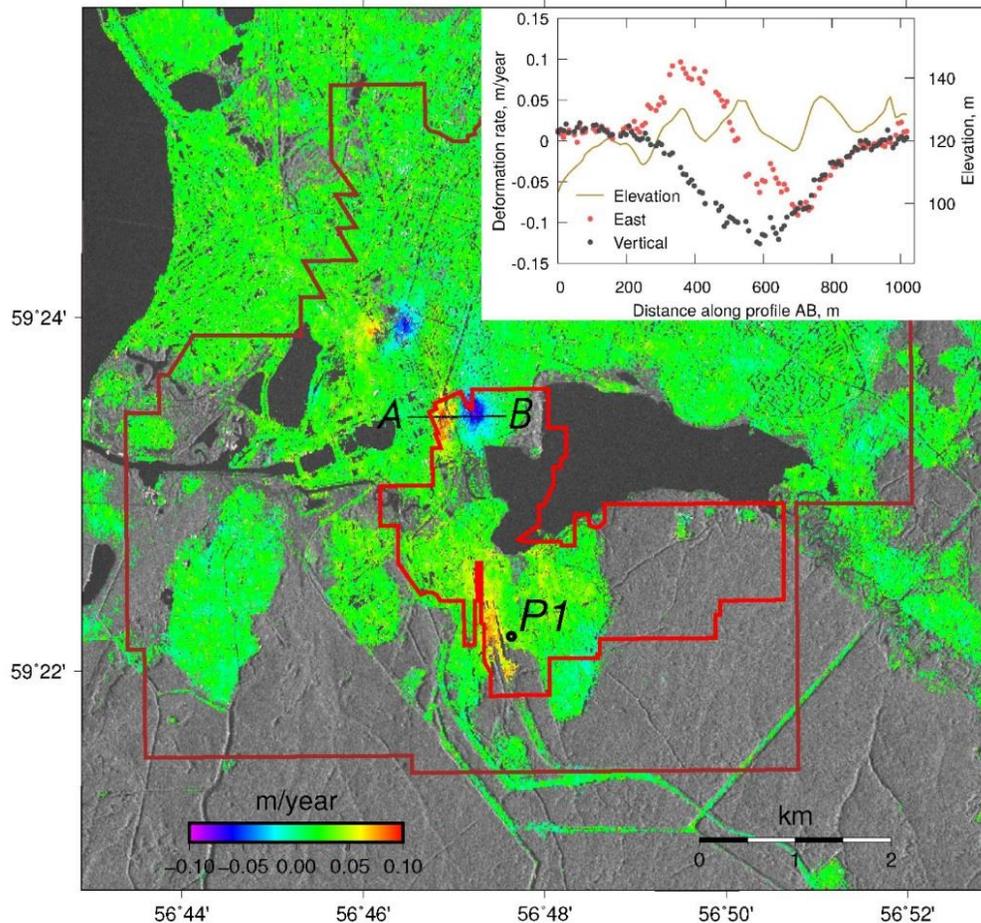
Обозначения вулканов: SHI – Шивелуч, KLU – Ключевской, BEZ – Безымянный, TOL – Толбачик, UDI – Удина, KIZ - Кизимен

*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.