

ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ

ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ **IX.124.** ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЕЩЕСТВЕННО-СТРУКТУРНОЙ ЭВОЛЮЦИИ ТВЕРДЫХ ОБОЛОЧЕК ЗЕМЛИ

*Программа **IX.124.1.** Глубинная геодинамика и эволюция литосферы: закономерности проявления мантийных плюмов и плитотектонических процессов, динамика осадочных бассейнов. (Координатор ак. РАН Н.Л. Добрецов)*

Проект IX.124.1.1. Тектоническое строение и палеогеодинамические реконструкции аккреционно-коллизионных структур и осадочных бассейнов Восточной Сибири и Российской Арктики. (Руководитель ак. РАН В.А. Верниковский)

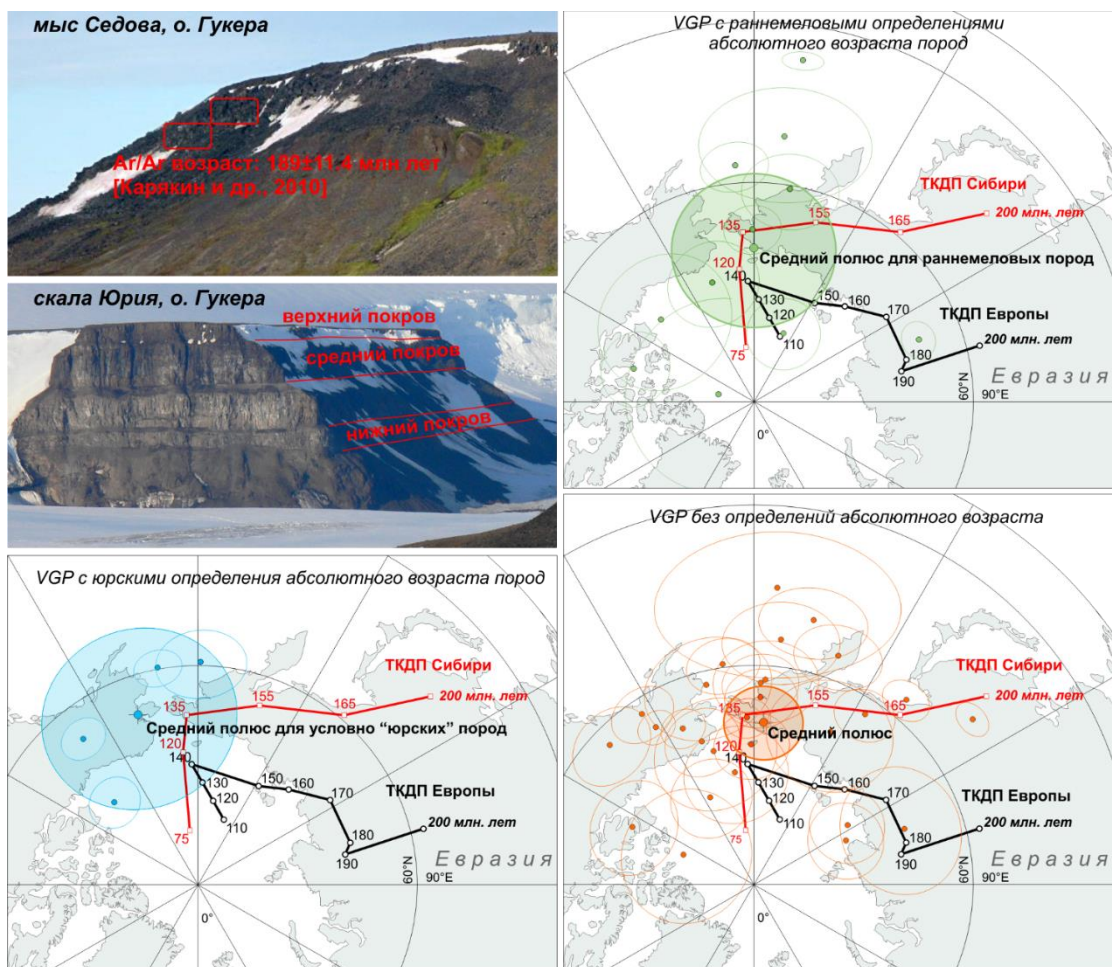
Доказано, что дисперсия в расположении установленных виртуальных геомагнитных полюсов траппов архипелага Земля Франца-Иосифа обусловлена не разницей в возрасте магматизма, а высокоширотным положением ЗФИ и вековыми вариациями в эпоху частой смены полярности до наступления мелового суперхрона. Палеомагнитные данные не фиксируют предполагаемых юрских (190 и 155 млн лет назад) импульсов магматизма и средний палеомагнитный полюс совпадает с раннемеловым (145 – 125 млн лет) интервалом траектории кажущегося движения полюса Сибири, а не Восточной Европы. Это подтверждает гипотезу о мезозойской сдвиговой активности внутри Евразийского континента, которая, вероятно, взаимосвязана с эволюцией Арктического океана.

Проведено обобщение обширного массива авторских данных (более 600 определений) по палеомагнетизму траппов архипелага Земля Франца-Иосифа (ЗФИ). Выполненные в последнее время изотопно-геохронологические исследования предполагают длительную историю базальтоидного магматизма ЗФИ с ранней юры до раннего мела, включительно, с тремя импульсами на рубежах 190, 155 и около 125 млн лет. Учитывая значительную разницу в возрасте, палеомагнитные направления и соответствующие виртуальные геомагнитные полюсы должны формировать дискретные группы вблизи соответствующих юрско-раннемеловых палеомагнитных полюсов Восточной Европы. Однако рассчитанные виртуальные геомагнитные полюсы, напротив, образуют единое “облачное” распределение, центр которого смещен к раннемеловым (около 145 - 120 млн лет) палеомагнитным полюсам Сибири. Проведенный анализ, показывает, что основной причиной значительной дисперсии установленных виртуальных геомагнитных полюсов является высокоширотное положение ЗФИ и вековые вариации геомагнитного поля во время формирования траппов, которое соответствует эпохе частой смены полярности до наступления мелового суперхрона. Предполагается вовлечение изученной части Свальбардской плиты в описанные внутриплитные движения на стороне Сибирского тектонического домена, а реконструируемые перемещения внутри континентальной области связаны с кинематикой раскрытия Северного Ледовитого океана.

Публикации

Абашев В.В., Метелкин Д.В., Михальцов Н.Э., Верниковский В.А., Брагин В.Ю. Палеомагнетизм траппов архипелага Земля Франца-Иосифа // Геология и геофизика, 2018, т.59 № 9, 1445-1468.

Абашев В.В., Верниковский В.А., Казанский А.Ю., Метелкин Д.В., Михальцов Н.Э., Брагин В.Ю. Особенности формирования вулканической провинции архипелага Земля Франца-Иосифа (Северный Ледовитый океан): оценка направления движения расплава по результатам изучения анизотропии магнитной восприимчивости // ДАН, 2019



ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ IX.126. ПЕРИОДИЗАЦИЯ ИСТОРИИ ЗЕМЛИ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ И КОРРЕЛЯЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ НА ОСНОВЕ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ГЕОХРОНОЛОГИИ, СТРАТИГРАФИИ И ПАЛЕОНТОЛОГИИ

Программа IX.126.1. Экосистемные реконструкции, стратиграфия и палеобиогеография протерозоя и фанерозоя Сибири и российского сектора Арктики. (Координаторы чл.-к. РАН А.В. Каныгин, чл.-к. РАН Б.Н. Шурыгин)

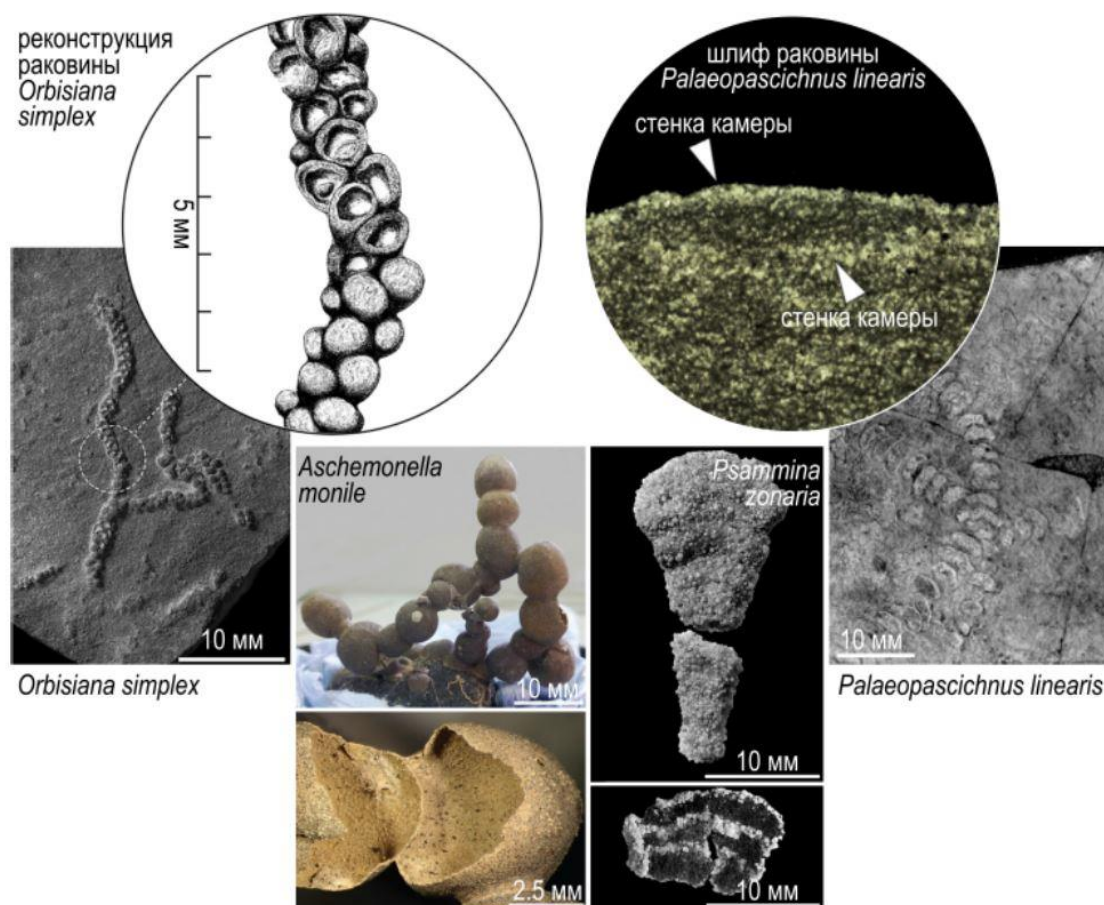
Проект IX.126.1.1. Периодизация позднепротерозойского этапа в истории Земли: комплексный междисциплинарный подход на примере разрезов Сибири и российского сектора Арктики. (Руководитель д.г.-м.н. Д.В. Гражданкин)

Важнейшее достижение по проекту в 2018 г. – «Свидетельства появления агглютированного скелета у организмов – 600 млн. лет»

Показано, что, вопреки сложившимся представлениям, скелет у макроскопических организмов появился 600 млн лет назад, на 60 миллионов лет раньше, чем это считается в настоящее время.

Многокамерные раковины, состоящие из агглютированных зерен осадка, обнаружены на ископаемых остатках *Palaeopascichnus* (раньше ошибочно считались ископаемыми следами жизнедеятельности) и *Orbisiana* (раньше ошибочно считались ископаемыми водорослями) из вендских отложений Северной Евразии.

Современными аналогами древнейших скелетных организмов могут быть гигантские бентосные глубоководные протисты Хеорифора, родственные фораминиферам.



Современные ксенофифоры – аналоги *Palaeopascichnus* и *Orbisiana*

Публикации

Kolesnikov A.V., Rogov V.I., Bykova N.V., Danelian T., Clausen S., Maslov A.V., Grazhdankin D.V. The oldest skeletal macroscopic organism *Palaeopascichnus linearis* // *Precambrian Research*. 2018. V. 316. P. 24–37.

Kolesnikov A.V., Liu A.G., Danelian T., Grazhdankin D.V. A reassessment of the problematic Ediacaran genus *Orbisiana* Sokolov 1976 // *Precambrian Research*. 2018. V. 316. P. 197–205.

Проект IX.126.1.2 Палеонтологическое и экостратиграфическое обоснование зональных стратиграфических схем палеозоя Сибири, палеогеографическое и биофацциальное районирование осадочных бассейнов. (Руководитель д.г.-м.н. Н.В. Сенников)

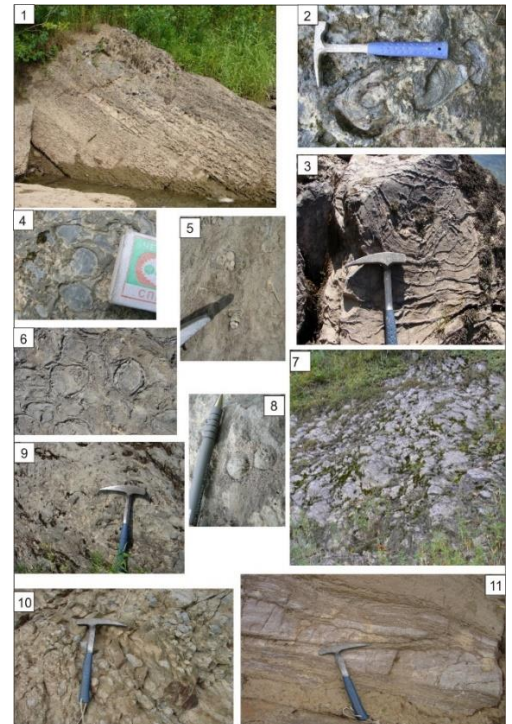
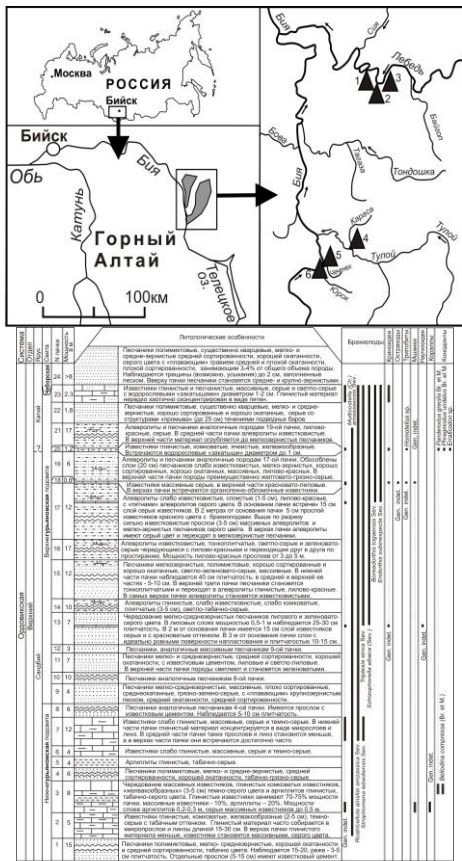
Важнейшее достижение по проекту в 2018 г. – оценка глубин и скоростей прогибания алтайского ордовикского шельфового бассейна, фациального типа его карбонатонакопления и удаленности его частей от области сноса материала.

Рассмотрены терригенно-карбонатные позднеордовикские осадочные образования северо-восточной части Горного Алтая. Лито- и биофацциальным анализом установлен их

генезис - крупные по площади карбонатные плоские «банки» с низким рельефом и относительной близостью к берегу.

По конодонтам определен возрастной интервал формирования этого терригенно-карбонатного комплекса – сандбийский век и ранняя половина катийского века.

В разрезах позднего ордовика северо-восточной части Горного Алтая установлены следы глобальных регрессивных событий начала сандбиа - Vollen Lowstand (основание гурьяновской свиты) и раннего катия - Frognerkilen Lowstand Event (середина свиты).



Распределение литологических типов пород	~20%	~3%	15%	~40%	47%	~40%
Песчаники (включая гравелиты и конгломераты)						
Алевриты и аргиллиты	~30%	~9%	30%	~40%	43%	~42%
Известняки (включая глинистые и песчаные)	~50%	~88%	55%	~20%	10%	~18%
Частота встречаемости групп фауны в отдельных пачках и слоях						
Высокая (> 100 экз.)	Брахиоподы, табуляты/гелиолитиды	Табуляты/гелиолитиды, брахиоподы,		Брахиоподы	Брахиоподы	Брахиоподы
Средняя (100-10 экз.)	Остракоды, наутилоиды	Остракоды, трилобиты	Брахиоподы, остракоды, табуляты	Остракоды		Конodontы, остракоды
Низкая (< 10 экз.)	Конodontы, трилобиты	Конodontы, ругозы, строматопораты		Трилобиты, наутилоиды		
Единичные находки	Ругозы		Ругозы, мшанки, трилобиты, икнофоссилии	Табуляты	Трилобиты, криноиды	Кораллы, мшанки, трилобиты, наутилоиды
Таксономическое разнообразие групп фауны в целом по разрезу						
Высокое (> 10 видов)		Брахиоподы		Брахиоподы, остракоды		
Среднее (10-5 видов)	Брахиоподы, конodontы	Табуляты/гелиолитиды, трилобиты,	Брахиоподы	Трилобиты		Брахиоподы
Низкое (< 5 видов) и слабо изученное	Табуляты/гелиолитиды, остракоды, трилобиты, ругозы, наутилоиды	Мшанки, ругозы, конodontы, строматопораты	Ругозы, мшанки, табуляты, остракоды, икнофоссилии	Табуляты, наутилоиды	Брахиоподы, трилобиты, криноиды	Конodontы, трилобиты, мшанки, кораллы, остракоды, наутилоиды

Публикации

Сенников Н.В., Обут О.Т., Толмачева Т.Ю., Лыкова Е.В., Хабибулина Р.А. Верхний ордовик северо-востока Горного Алтая: строение и условия формирования // Геология и геофизика. 2018. № 1. С. 89-107.

Проект IX.126.1.3. Палеонтология, стратиграфия, биогеография бореальных и смежных с ними палеобассейнов и комплексное обоснование усовершенствования региональных стратиграфических схем мезозоя и кайнозоя Сибири. (Руководитель чл.-кор. РАН Б.Н. Шурыгин)

Важнейшее достижение по проекту в 2018 г. – «Реконструкция палеообстановок северо-западной краевой зоны Западно-Сибирского моря в конце юры и начале мела»

На основе анализа литологических, палеонтологических, биостратиграфических и изотопных (O, C, Sr) данных по разрезам переходных юрско-меловых отложений бассейна реки Северная Сосьва установлено, что с наступлением мелового периода на северо-западной окраине Западно-Сибирского палеоморя резко увеличилось разнообразие и численность моллюсков. Причины этого события связаны как с увеличением и стабилизацией глубин акватории, так и с общим потеплением климата. Изменение конфигурации прибрежной зоны морского палеобассейна и потепление привели к постепенному изменению прибрежных ландшафтов и типов растительности.

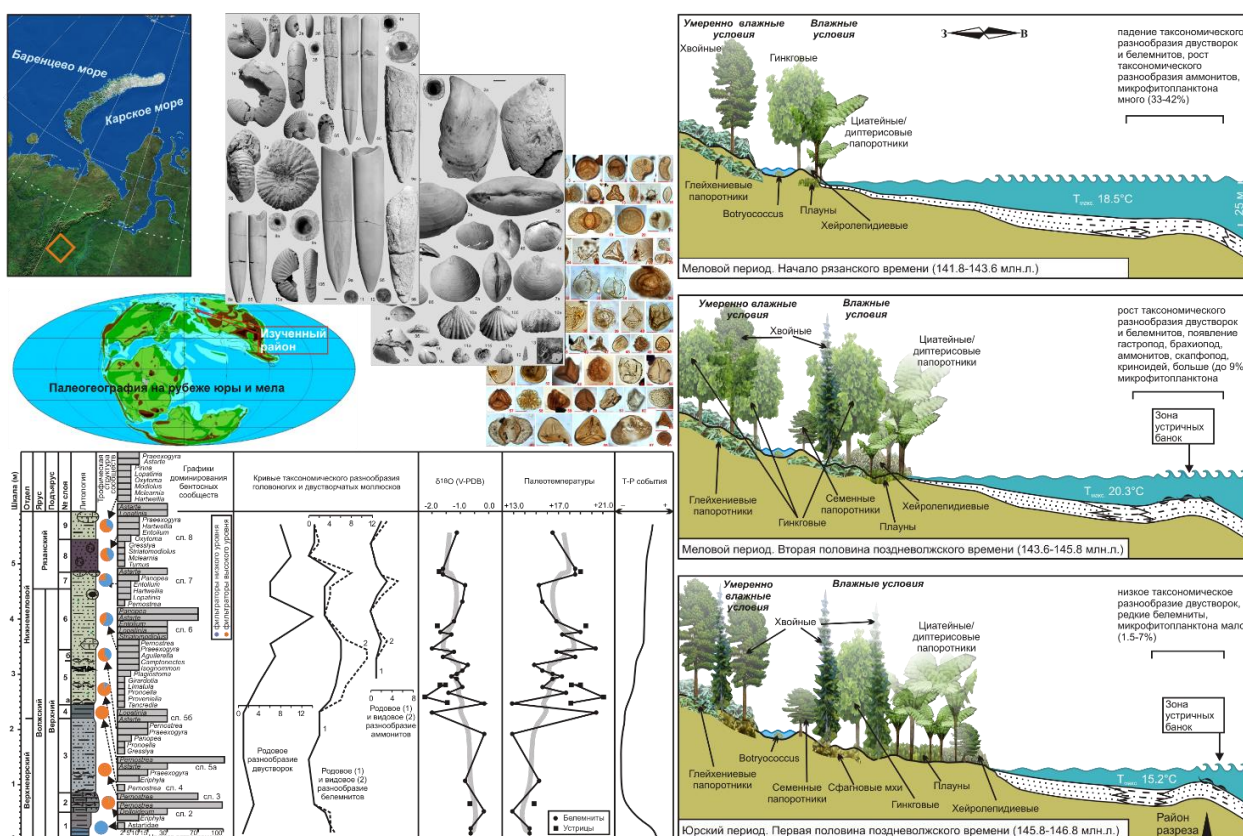


Рисунок - Разрез приграничных юрско-меловых отложений на р. Маурунья (Западная Сибирь), обнаруженные фоссилии и реконструкция палеообстановок

Публикация

Дзюба О.С., Пещевецкая Е.Б., Урман О.С., Шурыгин Б.Н., Алифиров А.С., Игольников А.Е., Косенко И.Н. Разрез Маурунья как ключевой для приграничных юрско-меловых

отложений мелководно-морского генезиса в Западной Сибири // Геология и геофизика. – 2018. – Т. 59. – № 7. – С. 1075-1105.

Проект IX.126.1.4. Микрофоссилии (фораминиферы и остракоды), биотические и абиотические события, детальная стратиграфия и биофации бореальных и арктических бассейнов фанерозоя. (Руководитель д.г.-м.н. Б.Л. Никитенко)

Важнейшее достижение по проекту в 2018 г. – стратиграфия юры и мела архипелага Новосибирские острова.

Разрезы мезозоя архипелага Новосибирские острова, являются ключевыми в понимании геологического строения слабо изученного шельфа восточной части моря Лаптевых и запада Восточно-Сибирского моря. Они являются также эталонными для интерпретации сейсмических профилей данной акватории.

В эволюции юрского и мелового бассейна, расположенного на границе современных моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря, выделены несколько глобальных тектоно-седиментационных этапов. На каждый из этих этапов разработано фациальное районирование. Отдельные интервалы изученных разрезов свойственны для разных фациальных областей, характеризующих разные геодинамические обстановки осадконакопления. Усовершенствовано, а для ряда стратиграфических интервалов, впервые разработано литостратиграфическое расчленение юры и мела. Генетические, структурные и седиментологические особенности строения юрских и меловых толщ позволяет объединить три серии.

Показано, что стратиграфический объем терригенного турбидитового комплекса (крестовая толща, Ляховский фациальный район) существенно шире, чем это полагалось ранее.

Исследования ряда разрезов показали, что нижняя граница «среднемелового» комплекса не соответствует характеристике нижнего сейсмического горизонта моря Лаптевых, который описывается как наиболее отчетливая и яркая сейсмическая граница в основании слабо деформированного осадочного чехла, перекрывающего пенепленизированную поверхность дислоцированных литифицированных пород акустического фундамента.

На границе перми/триаса отмечается самое крупное вымирание биоты в истории Земли.

Но не было никаких сведений о реакции фораминифер на это событие в высокобореальных бассейнах. Получены первые данные по фораминиферам (таксономический состав, количество, распределение) из пограничных слоев перми и триаса из разреза р.Сеторым.

Таксономический состав ассоциации представлен «примитивными» бентосными формами, обитавшими в прибрежно-мелководных и краевых частях бассейнов. Эти ассоциации встречаются в конце перми и начале триаса, их видовой состав не меняется. Это свидетельствует о том, что виды-оппортунисты преодолели этот рубеж без вымирания. На уровне, охарактеризованному наиболее низкими значениями $\delta^{13}C$, отвечающему второму этапу пермского массового вымирания фораминиферы отсутствуют. Но уже в начале триаса наблюдается восстановление ассоциаций с «примитивными» фораминиферами.

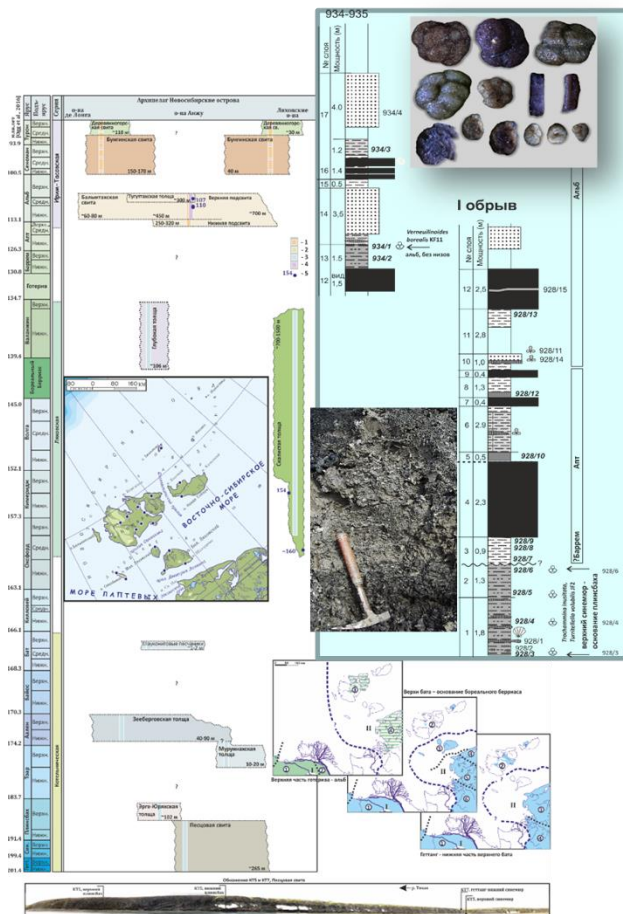


Рисунок 1 - Фациальное районирование, стратиграфия юры и мела архипелага Новосибирские о-ва; контакт юры и «среднего мела» (основание потенциального чехла на шельфе) в Туор-Юряхском разрезе о-ва Котельный

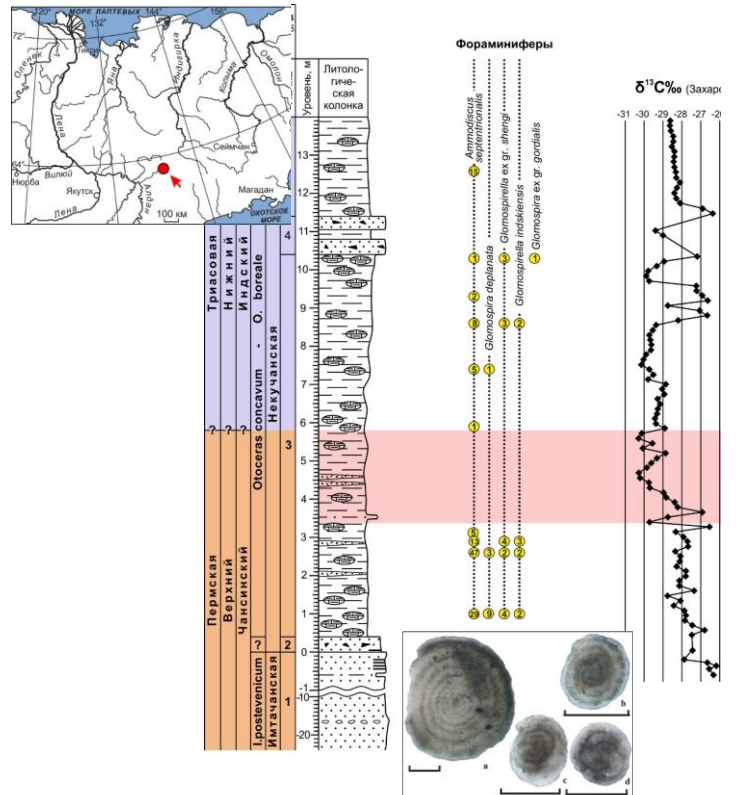


Рисунок 2 - Распределение микрофоссилий в разрезе перми/триаса р. Сеторым (Южное Верхоянье) и уровень массового вымирания в конце перми

Публикации

1. Никитенко Б.Л., Девятков В.П., Лебедева Н.К., Басов В.А., Горячева А.А., Пещевецкая Е.Б., Глинских Л.А. Стратиграфия юры и мела архипелага Новосибирские острова (море Лаптевых и Восточно-Сибирское море) фациальное районирование и литостратиграфия // Геология и геофизика. – 2017. – Т. 58. – № 12. – С. 1867-1885
2. Никитенко Б.Л., Девятков В.П., Лебедева Н.К., Басов В.А., Фурсенко Е.А., Горячева А.А., Пещевецкая Е.Б., Глинских Л.А., Хафаева С.Н. Биостратиграфия и особенности геохимии органического вещества юры и мела архипелага Новосибирские острова (Российская Арктика) // Геология и геофизика. – 2018. – Т. 59. – № 2. – С. 211-230.
3. Кузьмичев А.Б., Данукалова М.К., Александрова Г.Н., Захаров В.А., Герман А.Б., Никитенко Б.Л., Хубанов В.Б., Коростылев Е.В. Туор-Юряхский разрез "среднего" мела на острове Котельный (Новосибирские острова): как выглядит на суше предполагаемое основание осадочного чехла моря Лаптевых? // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2018. – Т. 26. – № 4. – С. 86-115.

ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ IX.128. ФИЗИЧЕСКИЕ ПОЛЯ, ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ И ГЛУБИННЫЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Программа IX.128.1. Численная имитация и инверсия геофизических полей для построения достоверных моделей геологической среды (координатор ак. РАН М.И. Эпов)

Проект IX.128.1.1. Структуры и напряженно-деформированное состояние земной коры платформенных и складчатых областей Центральной Азии на основе совместного решения обратных задач сейсмологии и гравиметрии. (Руководитель к.г.-м.н. Е.А. Мельник)

Глубинное строение и геомеханические условия локализации деформаций земной коры в зоне сочленения Сибирской платформы и Верхояно-Колымской складчатой зоны

1. Земная кора Верхояно-Колымской складчатой системы характеризуется отсутствием слоя относительно повышенной до 6.7-6.9 км/с скорости, характерной для нижней коры Сибирского кратона.

2. Разделяющая эти структуры Сетте-Дабанская тектоническая зона, представлена приповерхностным массивом высокоскоростных пород (протяженностью около 70 км и мощностью до 20 км). Ограничивающие массив прогибы с мощностью осадочных отложений до 18-20 км не проявлены в дневном рельефе, что может свидетельствовать о их более раннем, чем кайнозойская складчатость, формировании.

3. Сглаженное (в круге радиусом 250 км) гравитационное поле коррелируется с рельефом Мохо и слоем повышенной плотности (скорости) в низах коры кратона. Остаточные изостатические аномалии характеризуют распределение плотности в коре, необходимое для моделирования ее напряженно-деформированного состояния.

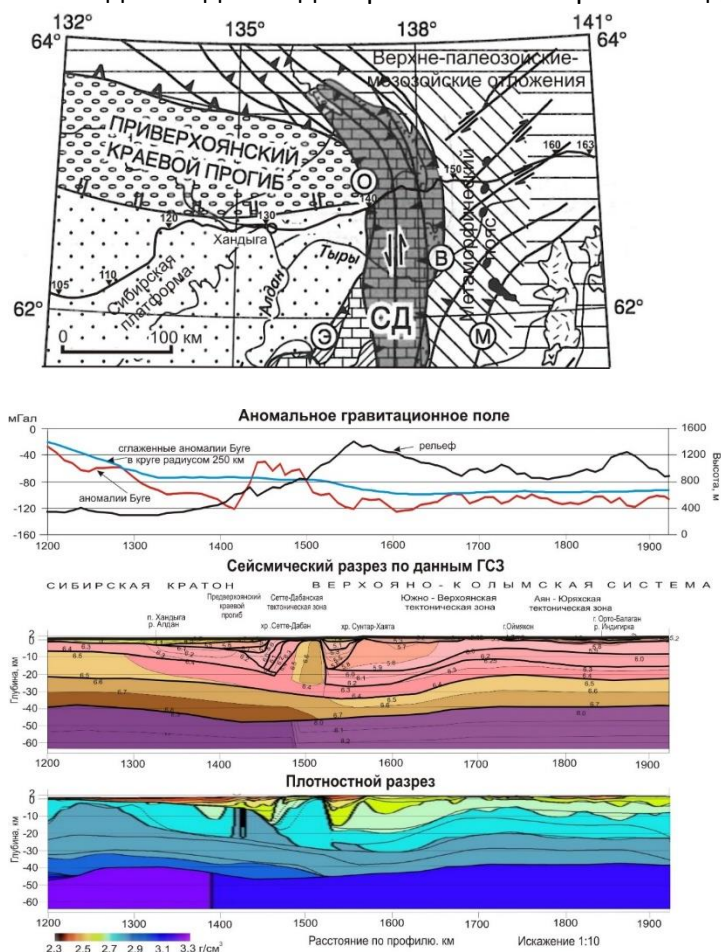


Рисунок 1

Геомеханическая модель напряжено-деформированного состояния зоны сочленения Сибирского кратона и Верхояно-Колымской складчатой системы



Трение в основании слоя θ Угол падения 1.5°

$$\dot{\varepsilon}_{ij} = \dot{\varepsilon}_{ij}^e + \dot{\varepsilon}_{ij}^p \quad |\sigma_\tau| \leq -\theta \sigma_n, \quad \theta(\gamma^p) = \theta_0(1 - (\gamma^p - \gamma^1) / \gamma^2)$$

Рисунок 2 - Модель однородного выклинивающегося верхнекорового слоя, лежащего на наклонном основании (фундаменте)

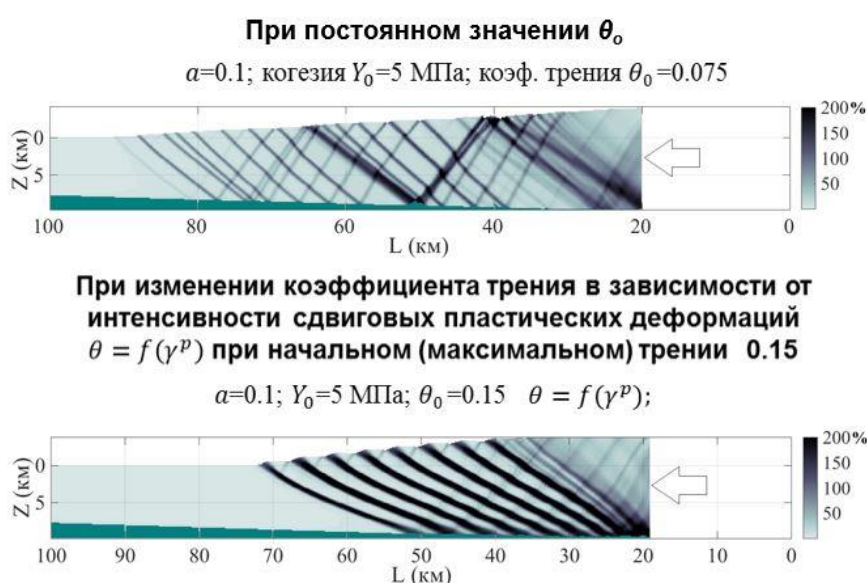


Рисунок 3 - Интенсивность локализации деформаций в зависимости от коэффициента трения θ на подошве слоя

1. Конфигурация деформационных структур надвига определяются прочностью среды и трением в основании. Листрические разломы формируются при низкой сдвиговой прочности среды и образуют ступенчатую форму рельефа.
2. Существенную роль в формировании деформационных структур играет снижение трения по мере развития необратимой деформации.
3. Правдоподобные структуры образуются при $0.075 < \theta < 0.35$. При $\theta < 0.075$ наблюдается скольжение клина без деформационных структур. При $\theta > 0.35$ деформация локализуется в зоне, примыкающей к области нагружения.

Публикации

Стефанов Ю.П., Татаурова А.А. Влияние трения и прочностных свойств среды на формирование зон локализации деформации в надвиговых структурах // Физическая мезомеханика – 2018. –21 (5). – С. 46-55.

Проект IX.128.1.2. Геоэлектрика в исследованиях геологической среды: технологии, полевой эксперимент и численные модели. (Руководитель к.г.-м.н. В.В. Оленченко)

Установлена связь амплитуды электромагнитного поля и пространственного распределения с глубиной залегания магнитовязкого основания, что даёт возможность учёта влияния этого слоя на результаты инверсии и решения геологических задач, связанных с изучением траппового магматизма. Она выражается в том, что на графиках профилирования методом переходных процессов при увеличении разноса отмечается изменение полярности ЭДС. Чем больше глубина залегания магнитовязкого слоя, тем больше разнос, на котором ЭДС изменяет полярность.

Публикации

1. В.С.Могилатов. Морские геоэлектромагнитные исследования с контролируемыми источниками. 20-я юбилейная научно-практическая конференция по вопросам геологоразведки и разработки месторождений нефти и газа «Геомодель 2018». Геленджик, 10-14 сентября 2018 г. <http://eage.ru/upload/File/Geomodel/GM18/GM18%20Programme.pdf>

2. Haroon A., Lippert K., Mogilatov V., Tezkan B. First application of the marine differential electric dipole for groundwater investigations: A case study from Bat Yam, Israel // Geophysics. - 2018. - Vol. 83. - № 2. - Pp. B59-B76. <https://doi.org/10.1190/geo2017-0162.1>

3. Arkadiy Zlobinskiy, Vladimir Mogilatov, Roman Shishmarev. Applying TM-polarization geoelectric exploration for study of low-contrast three-dimensional targets// Journal of Applied Geophysics, Volume 150, March 2018, Pp. 208–229. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2018.01.020>

4. В.С. Могилатов, Н.О. Кожевников, А.В. Злобинский. Магнитные измерения в электроразведке методами сопротивлений // Геология и геофизика. - 2018. - Т.59, №4. - С.534-540.

5. Kozhevnikov N. O., Antonov E. Y. Magnetic viscosity effect on TEM data of an array with a fixed transmitter loop // Russian Geology and Geophysics. – 2018. – Т. 59. – №. 6. – С. 690-696.

Проект IX.128.1.3. Разработка иерархии вычислительных моделей и численных методов для описания геофизических процессов в разномасштабных средах с флюидонасыщенной микроструктурой и областями концентрации напряжений. Создание научно-исследовательских версий соответствующего программного обеспечения, ориентированного на использование современных высокопроизводительных вычислительных систем. (Руководитель д.ф.-м.н. В.А. Чеверда)

Разработан параллельный алгоритм решения трёхмерных уравнений динамической теории упругости в частотной области, на основе которого реализован метод обращения полного волнового поля в применении к реальным морским данным. Алгоритм предназначен для использования при реализации трёхмерного обращения сейсмических волновых полей. Ориентирован на использование высокопроизводительных вычислительных систем с параллельной архитектурой гибридного типа. Обладает высокой масштабируемостью и производительностью.

Миграция данных до суммирования в восстановленную методом обращения полного волнового поля модель позволила существенно повысить разрешённость и информативность результата обработки.

Публикации

1. Belonosov M., V. Kostin, D.Neklyudov, V. Tcheverda. 3D Numerical simulation of elastic waves with a frequency domain iterative solver. Geophysics, 83(6), T333-T344.

2. Чеверда В.А., Гадыльшин К.Г. Реконструкции глубинной скоростной модели путем разномасштабного обращения полного волнового поля Геофизика. – 2018. – № 3. – С. 101-105.

Проект IX.128.1.4. Динамический анализ сейсмических данных для построения реалистичных моделей геологической среды на основе математического и физического моделирования. (Руководитель к.ф.-м.н. А.А. Дучков)

Предложен метод определения области достоверной регистрации сейсмических сигналов с использованием низкочастотной деконволюции и учетом характеристик аппаратуры – регистратор (уровень шумов, разрядность), геофон (собственная частота, чувствительность).

Современная сейсморазведочная аппаратура, низкошумящий регистратор и 4,5-герцовый геофон, обеспечивает корректную регистрацию сейсмических сигналов для задач локальной и региональной сейсмичности.

Апробация метода восстановления записей производилась на реальных данных из разных районов: оз. Байкал, о. Сахалин, НСО.

Результат обосновывает возможность эффективного создания сетей сейсмического мониторинга (включая месторождения): заглупление датчиков и сгущение сетей.

Публикации

1. Дергач П.А., Тубанов Ц.А., Юшин В.И., Дучков А.А. Особенности программной реализации алгоритмов низкочастотной деконволюции // Сейсмические приборы. 2018. Т. 54, № 3. С. 22–34.

2. Дергач П.А. Расширение полосы рабочих частот записей короткопериодных сейсмометров методом низкочастотной деконволюции для задач локального сейсмического мониторинга // Воздействие внешних полей на сейсмический режим и мониторинг их проявлений: Межд. Юбилейн. научн. конф. (г. Бишкек, 3 - 7 июля 2018 г.): Тезисы докладов. - Бишкек: НС РАН, 2018. - С. 41-41.

Проект IX.128.1.5. Поиск и анализ методов повышения эффективности и результативности фундаментальных научных исследований в области геофизики. (Руководитель к.т.н. Н.А. Мазов)

Проведен библиометрический анализ журнала «Технологии сейсморазведки» за последние 10 лет. Выполнен анализ списков участников редакционных коллегий российских журналов по наукам о Земле: установлена связь между библиометрическими показателями редакторов и рейтинговыми показателями журналов, представлены результаты географического распределения членов редакционных коллегий. Впервые представлены результаты анализа используемости российских журналов по наукам о Земле (анализ альтметрик); выявлена связь с рейтинговыми показателями изданий. С библиометрических позиций проанализирована объективность отбора российских журналов в базу данных Russian Science Citation Index на платформе Web of Science. Выявлено влияние событий в карьерном росте ученых на показатели их публикационной активности.

Публикация

Мазов Н.А., Гуреев В.Н. Журнал «Технологии сейсморазведки» в контексте российских изданий по наукам о Земле: многопрофильный библиометрический анализ за последние 10 лет // Геофизические технологии. – 2018. – № 1. – С. 3–14.

Программа IX.128.2. Проявление и характеристики процессов глубинной геодинамики в геологических полях. (Координаторы чл.-к. РАН И.Ю. Кулаков, д.ф.-м.н В.Ю. Тимофеев)

Проект IX.128.2.1. Сейстотомографическое моделирование для изучения геодинамических процессов. (Руководитель чл.-к. РАН И.Ю. Кулаков)

Впервые разработан алгоритм, позволяющий надежно выявлять временные вариации сейсмических скоростей в коре на базе метода пассивной томографии, который был применен для изучения источников активизации вулканов Спурр и Галерас. Суть алгоритма состоит в построении наборов данных со сходной конфигурацией данных в паре различных временных интервалов. Важный этап состоит в проверке устойчивости полученных вариаций с помощью синтетического моделирования по двум наборам данных. Во-первых, восстановление одинаковых моделей. Во-вторых, выявление изменения формы/амплитуды аномалий в моделях.

Публикации

1. Koulakov I. et al. (2018) Causes of volcanic unrest at Mt. Spurr in 2004-2005 inferred from repeated tomography, Scientific Reports, DOI : 10.1038/s41598-018-35453-w. (Nature Group, Q1, IF 4.122).

2. Koulakov, I. and Vargas, C.A., 2018. Evolution of the magma conduit beneath the Galeras volcano inferred from repeated seismic tomography. Geophysical Research Letters, 45(15), pp.7514-7522. (Q1, IF 4.34)

Проект IX.128.2.2. Реология земной коры юга Сибири и ее окружения (космическая геодезия, гравиметрия и сейсмические методы). (Руководитель д.ф.-м.н. В.Ю. Тимофеев)

Для оценки структурных, реологических и кинематических параметров земной коры установлена сложная связь изменений вертикальных смещений и деформаций земной коры с вариациями силы тяжести с использованием данных космической геодезии и гравиметрии. При низком уровне скорости деформирования, вариации силы тяжести отражают только вертикальное смещение поверхности (2000-2008 гг.) с нормальным градиентом, обратный эффект наблюдается при косейсмическом скачке деформации в 10^{-6} и более, когда вариации определяются деформацией земной коры региона (2008-2009 гг., эпоха Култукского землетрясения, $M = 6.3-6.5$). Результат получен по многолетним наблюдениям на сейсмостанции Талая (Байкал, 1992-2015 гг.).

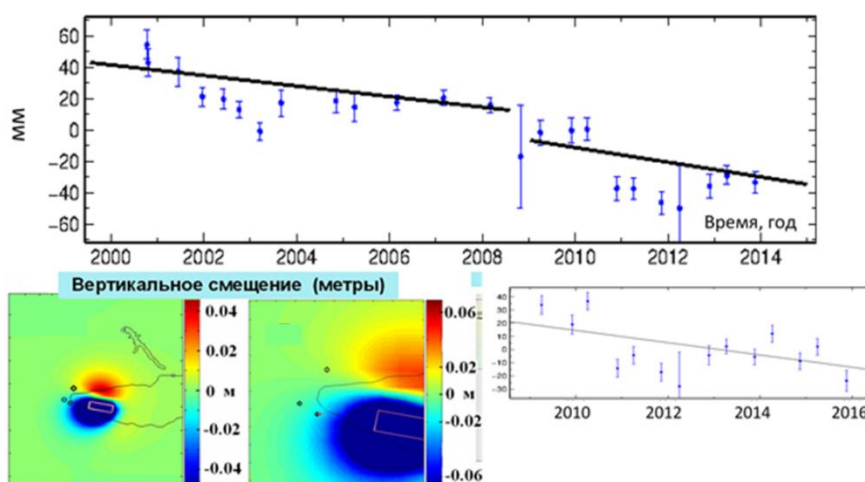


Рисунок 1 - Вертикальная компонента смещений, зарегистрированная на сейсмостанции Талая (2000-2015 гг.). Средняя скорость опускания пункта составила: 2000-2008: - 4.2 мм/г. Ниже – упругая модель вертикальных смещений, использованы сейсмологические данные

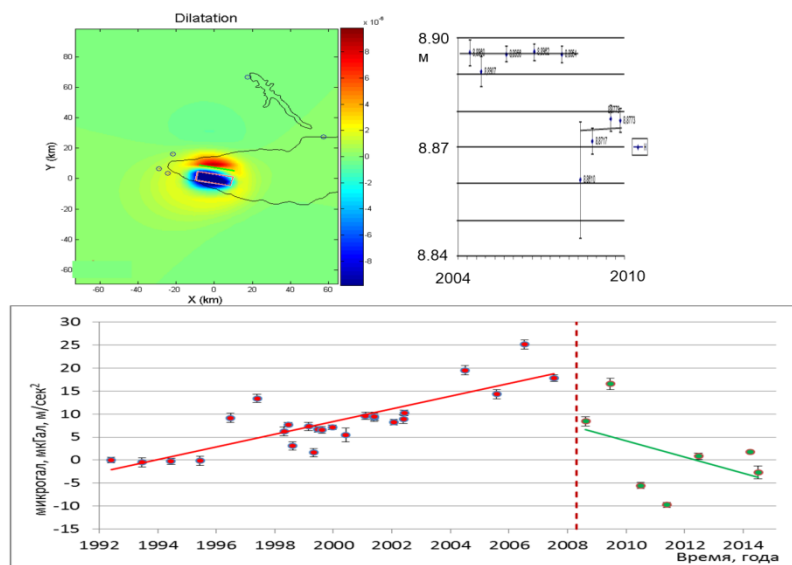


Рисунок 2 - Вариации силы тяжести (до 25 микрогал) на станции Талая (1992-2014 гг.). Линейный тренд: 1992-2008: +1.3 мкГал/год. Изменение силы тяжести согласно: $\Delta g(t) = \gamma \cdot \Delta Z(t)$ где γ - вертикальный градиент g и $\Delta Z(t)$ изменение высоты пункта. Косейсмический скачок (27/08/2008, $M = 6.5$, $L = 25$ км) составил: - 10 мкГал. Изменения с учётом деформации: $\Delta g = [\gamma + 2\lambda k\rho(1-\nu)/\nu] \Delta z$, где k - гравитационная постоянная, ρ - плотность, ν - коэффициент Пуассона. Косейсмическое вертикальное смещение составляет - 20 ± -25 мм

Публикация

1. Тимофеев В.Ю. др. Вариации силы тяжести и смещений в зонах сильных землетрясений на востоке России, *Физика Земли*, т. 54, № 3, 2018. С.45-59.
2. В.Ю. Тимофеев и др. Комплексование абсолютных и относительных гравиметрических измерений для калибровки и редукции Сборник мат. МНК ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2018. Недропользование ... Т. 3, Новосибирск, СГУГиТ, 2018.с.288-295

Проект IX.128.2.3. Закономерности и особенности литосферных процессов Сибири на основе мониторинга магнитного и теплового полей, данных сейсмологии и лабораторных экспериментов. (Руководитель к.г.-м.н. П.Г. Дядьков)

Впервые разработан опорный региональный магнитостратиграфический разрез верхнего мела и пограничного палеогена для юга Западной Сибири на основе комплексных палеомагнитных, палеонтологических и геолого-стратиграфических данных. Это осуществлено путем корреляции сводных магнитостратиграфических разрезов верхнего мела и палеогена трех локальных бассейнов: Омской впадины (3 скважины), юга Кулундинской впадины (2 скважины) и Бакчарского железорудного бассейна (2 скважины). Возрастной интервал изученных отложений по биостратиграфическим данным лежит в пределах альб – бартон (Лебедева и др., 2013; 2017; 2018; Лебедева, Кузьмина, 2018). В составленном разрезе выделены четыре верхнемеловые магнитозоны: две – прямой NK1-2(al-st) и NK2mt, две – обратной (R1K2km и R2K2mt) полярности и три палеогеновые магнитозоны обратной полярности – R1E1zl, R2E1t, R3E2l-b.

Опорный региональный магнитостратиграфический разрез верхнемеловых и пограничных палеогеновых отложений юга Западной Сибири является составной частью шкалы магнитной полярности меловых и палеогеновых отложений ЗСП. Этот разрез сопоставлен с мировой магнитохронологической шкалой (Ogg et al., 2016). Все выделенные магнитозоны получили абсолютное датирование. Магнитозона прямой полярности NK1-2(al-st) – сеноман–коньяк–сантон соответствует хрону C34 магнитохронологической шкалы. Две магнитозоны обратной полярности — R1K2km

(кампан) и R2K2mt (маастрихт) сопоставляются с хронами C33r и C31r, а магнитозона прямой полярности NK2mt отвечает хрону C30n. Три магнитозоны обратной полярности палеогена R1E1zl, R2E1t и R3E2l-b могут отвечать обратным хронам C26, C25 и C18n. Разработанный магнитостратиграфический разрез может быть использован для решения целого ряда задач геофизики (эволюция магнитного поля Земли, совершенствование шкалы магнитной полярности континентов) и геологии (геодинамика, геохронология, стратиграфия и палеогеография) и будет использован нефтяными компаниями, такими как Роснефть, Лукойл, Газпром для определения возраста и корреляции отложений.

Публикация

1. Гнибиденко З.Н., Левичева А.В., Кузьмина О.Б. Палеомагнетизм верхнего мела и палеогена юга Западной Сибири // Геофизика, 2018, № 1, с. 78-84.

2. Гнибиденко З.Н., Левичева А.В., Маринов В.А., Смолянинова Л.Г., Семаков Н.Н. Палеомагнитные исследования верхнемеловых отложений севера Западной Сибири // Проблемы Геокосмоса. Сборник статей. 2018. 5 стр.

Проект IX.128.2.4. Проявление процессов глубинной геодинамики в геосферах Земли по результатам непрерывного мониторинга геомагнитного поля, ионосферы и космических лучей. (Руководитель д.ф.-м.н. В.Л. Янчуковский)

Результаты непрерывного мониторинга космических лучей, геомагнитного поля и ионосферы позволили выполнить анализ взаимосвязи термобарического режима атмосферы и интенсивности мюонов космических лучей, сделать оценку метеорологических эффектов в ионосфере и оценить движение магнитных полюсов Земли.

В рамках исследований связи потока мюонов и термобарического режима атмосферы впервые выполнена оценка распределения плотности температурных коэффициентов для мюонов в атмосфере по данным непрерывного мониторинга космических лучей на уровне моря.

Полученные результаты позволяют, с одной стороны, учитывать влияние атмосферы на показания мюонных телескопов, а с другой – дают возможность осуществления диагностики термобарического режима атмосферы с помощью космических лучей.

Публикация

Yanchukovsky V.L., Kuzmenko V.S. Atmospheric effects of the cosmic-ray mu-meson component. Solar-Terrestrial Physics. 2018. vol. 4, iss. 3, pp. 95–102. DOI: 10.12737/szf-43201810.

Программа IX.128.3. Реалистичные теоретические модели и программно-методическое обеспечение магнито-, электродинамики гетерогенных геологических сред (Координатор д.т.н. И.Н. Ельцов)

Проект IX.128.3.1. Скважинная геофизика в электропроводящих анизотропных диспергирующих средах на основе высокопроизводительных решений трёхмерных задач, высокоточных данных каротажа и лабораторных исследований керна. (Руководитель д.ф.-м.н. В.Н. Глинских)

Основной результат за 2018 год: Создан уникальный программный комплекс численной инверсии данных электрического и электромагнитного каротажа с определением электрофизических параметров терригенных и карбонатных нефтяных коллекторов юры и палеозоя.

Разработаны алгоритмы решения трехмерных прямых и обратных задач индукционного и гальванического каротажа на основе распараллеленных методов конечных элементов и глобальной оптимизации с их программной реализацией. Создан программный пакет совместной инверсии данных ИК, ВЭМКЗ, БКЗ и БК с построением единой трансверсально-изотропной модели комплексной электропроводности с учётом её частотной дисперсии.

Применительно к изучению терригенных и карбонатных коллекторов юры и палеозоя разработаны методические приемы интерпретации данных комплекса СКЛ, апробированные на реальных практических материалах и согласованные с результатами лабораторных исследований керна. Это позволяет существенно поднять достоверность заключений о типе флюидонасыщения и нефтесодержании.

В ИНГГ СО РАН совместно с НПП ГА «Луч» по заказу ПАО «НК «Роснефть» выполнены теоретическое обоснование, проектирование и разработка электромагнитного зонда на базе новой конфигурации системы измерения для высокоразрешающего каротажа в нефтяных скважинах. Многозондовый многочастотный мультирежимный скважинный прибор с тороидальными генераторными и приёмными катушками (ЗЭТ) не имеет отечественных и прямых зарубежных аналогов и предназначен для изучения макроанизотропных свойств тонкослоистых коллекторов. Разработка завершена успешными опытно-промышленными испытаниями.

Пространственное разрешение ЗЭТ, не уступающее разрешающей способности традиционных методов, а в случае изучения макроанизотропных параметров их превосходящее, позволяет исследовать тонкослоистые коллекторы, выявляя среди них пропущенные и уточнять их петрофизические характеристики.

Публикации

1. Эпов М.И., Глинских В.Н., Михайлов И.В., Никитенко М.Н., Суродина И.В., Еремин В.Н., Петров А.Н., Осипов С.В., Яценко В.М. Новый электромагнитный зонд для высокоразрешающего каротажа: от теоретического обоснования до скважинных испытаний // Нефтяное хозяйство, 2018, № 11, с.10-15. [РИНЦ]

2. Эпов М.И., Никитенко М.Н., Глинских В.Н. Математическое обоснование нового электромагнитного зонда с тороидальными катушками для высокоразрешающего каротажа нефтегазовых скважин // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии, 2018, т. 16, № 1, с. 113-129. [РИНЦ]

3. Конторович А.Э., Пономарева Е.В., Бурштейн Л.М., Ким Н.С., Костырева Е.А., Глинских В.Н., Павлова М.А., Родченко А.П., Ян П.А. Распределение органического вещества в породах баженовского горизонта (Западная Сибирь) // Геология и геофизика, 2018, т. 59, № 3, с. 357-371. [WoS, Scopus, РИНЦ]

4. Глинских В.Н., Даниловский К.Н., Нечаев О.В. Трехмерное численное моделирование сигналов азимутального микробокового каротажа в процессе бурения // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений, 2018, № 10, с. 32-39. [РИНЦ]

5. Копытов Е.В., Сухорукова К.В., Никитенко М.Н. Инверсия данных высокочастотного электромагнитного каротажа в сильнонаклонных скважинах с определением электрической анизотропии // Каротажник, 2018, № 8 (вып. 290), с. 39–57. [РИНЦ]

6. Литвиченко Д.А., Сухорукова К.В., Нечаев О.В. Влияние на сигналы электромагнитного каротажа и их трансформации смещения прибора на стенку скважины // Каротажник, 2018, № 9 (вып. 291), с. 35-45. [РИНЦ]

7. Нечаев О.В., Глинских В.Н. Трехмерное моделирование и инверсия данных комплекса методов электрокаротажа в моделях сред с наклоном главных осей тензора

электрической анизотропии // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии, 2018, т. 16, № 4. [РИНЦ]

Проект IX.128.3.2. Реалистичные теоретические модели и программно-методическое обеспечение геоэлектрики гетерогенных геологических сред. (Руководитель д.т.н. И.Н. Ельцов)

1. Разработаны и реализованы в виде программного комплекса вычислительные схемы на базе разрывного метода Галёркина и многомасштабного гетерогенного метода конечных элементов для трёхмерного моделирования процессов теплообмена в композитах с фазоизменяемыми параметрами.

2. Установлена анизотропная природа теплопроводности при преимущественной ориентации включений (парафина).

3. Фронт фазового перехода движется линейно при преимущественной ориентации включений (парафина) и нелинейно при случайном расположении в образце.

Теория эффективных сред рассматривает объект в целом и позволяет перейти от разрывных свойств среды (матрицы, включений) к непрерывной характеристике.

Публикации

1. Epov M.I., Shurina E.P., Itkina N.B., Kutischeva A.U., Markov S.I. Finite element modeling of a multi-physics poro-elastic problem in multiscale media // Journal of Computational and Applied Mathematics, September 2018. DOI: 10.1016/j.cam.2018.08.039

2. Markov S.I. A discontinuous Galerkin method for mathematical modeling of ice melting at the interaction with the environment / S. I. Markov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2018. - vol.193. - Art. 012043 (6 p.). - DOI: 10.1088/1755-1315/193/1/012043. - Работа выполнена: при поддержке гранта Президента РФ

3. Markov S.I. Multiscale nonconformal finite element methods for solving problems with moving boundaries / S. I. Markov // Актуальные проблемы электронного приборостроения (АПЭП–2018) = Actual problems of electronic instrument engineering (APEIE–2018): тр.14 междунар. науч.-техн. конф., Новосибирск, 2–6 окт. 2018 г.: в 8 т. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – Т. 1, ч.4. – С.174-176. - 45 экз. - ISBN (NSTU) 978-5-7782-3614-1

4. Шурина Э.П., Марков С.И. Применение разрывного метода Галёркина для решения двухфазной задачи Стефана = An adaptive discontinuous Galerkin method for solving two phase Stefan problems / С. И. Марков, Н. Б. Иткина // Высокопроизводительные вычислительные системы и технологии = High-Performance Computing Systems and Technologies. – 2018. – № 1 (8). – С.79–82. – Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии Президента РФ (СП-3627.2016.5)

5. Иткина Н.Б., Марков С.И. Применение разрывного метода Галёркина для решения сингулярно-возмущённых задач / Н.Б. Иткина, С.И. Марков // Вычислительные технологии. – 2016. – Т. 21. – Ч. 4. – с. 49-63

Проект IX.128.3.3. Комплексные геолого-геофизические исследования строения дельты р. Лены (на прилегающих территориях к НИС «Остров Самойловский»). (Руководитель чл.-к. РАН В.А. Каширцев)

Выполнено частичное повторное профилирование (предыдущее исследование производилось в 2014 г) электротомографией в прогибе между г. Америка-Хая и Орто-Хая. Показана хорошая повторяемость результатов исследования – граница коренных пород под мерзлыми осадочными породами по данным 2014 и 2018 гг совпадает. Также была задействована другая схема электроразведочной установки – поль-диполь, которая имеет в два раза большую глубину зондирования. По данным этого исследования в центральной

части прогиба удалось с большей точностью показать рельеф верхней границы коренных пород. Обобщение результатов работ за 2014-2018 гг позволяет говорить о создании методики геофизической съемки методом электротомографии для задач картирования коренных пород под слоем мерзлых осадков в дельте р. Лена

В разрезе докайнозойских отложений дельты р.Лены (девон-пермь) в составе хлороформенных экстрактов (битумоидов) органического вещества пород идентифицированы гомологические ряды n-алкенов и диметилалканов с преимущественно нечетным или четным количеством атомов углерода в молекуле, а также ранее неизвестные моноароматические стероиды. Эти необычные углеводороды являются результатом разрушения асфальтеновых соединений (окклюзий) в жестких термобарических условиях, а зоной их зарождения являются начальные стадии генерации углеводородов в области постдиагенетических преобразований осадков. Выделены зоны: зарождения, транзита и разрушения окклюзий (рисунок)

Публикация

Каширцев В.А. Углеводороды, окклюдируемые асфальтенами // Геология и геофизика. – 2018. – Т. 59. – № 8. – С. 1211-1219.

ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ IX.131. ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ, ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ И ГЕОХИМИИ НЕФТИ И ГАЗА, НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ТРАДИЦИОННЫХ И НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Программа IX.131.1. Проблемы региональной геологии, седиментологии, органической геохимии и нефтегазоносности осадочных бассейнов Сибири и акватории Северного Ледовитого океана, научные основы методологии экологического мониторинга на объектах нефтегазового комплекса в условиях Арктики. (Координатор чл.-к. РАН В.А. Конторович)

Проект IX.131.1.1. Модели геологического строения, условия формирования и прогноз нефтегазоносности юрско-меловых отложений арктических регионов Сибири. (Руководитель к.г.-м.н. С.В. Ершов)

Результат 1. Построены сейсмогеологическая, сиквенс- и сейсмостратиграфическая модели строения берриас-нижнеаптского комплекса Гыданского полуострова. Выделено восемь сейсмокомплексов, большинство из которых ассоциируются с региональными клиноформами нижнего мела Западной Сибири, дана их сейсмогеологическая характеристика. Построены структурные карты и карты толщин сейсмокомплексов, рассмотрены вопросы нефтегазоносности.

Основные перспективы поиска залежей углеводородов в берриас-нижнеаптских отложениях Гыдана связываются с ачимовскими отложениями. Выделено два типа перспективных зон для поиска литологических ловушек в отложениях ачимовской толщи. Одни из них приурочены к депоцентрам накопления клиноформ, вторые представляют собой зоны регионального выклинивания дистальных пластов ачимовской толщи в направлении Таймырской палеосуши.

Результат 2. Разработаны модели строения оксфордского, батского, аален-байосского, тоарского, плинсбахского и геттанг-синемюрского региональных резервуаров юрского комплекса Енисей-Хатангского регионального прогиба. Охарактеризованы структурные планы, выявлен характер распределения толщин и вещественный состав

проницаемых комплексов и содержащих в них песчаников. Оценены качества флюидоупоров резервуаров.

Публикации

1. Ершов С.В., Бардачевский В.Н., Шестакова Н.И. Особенности строения и корреляция продуктивных пластов берриас-нижнеаптских отложений Гыданского полуострова // Геология и геофизика, 2018, т. 59, № 11, 1870–1882.

2. Бардачевский В.Н., Шестакова Н.И., Ершов С.В. Сейсмогеологическая модель строения берриас-нижнеаптских отложений Гыданского полуострова // Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2018, т. 13, № 4.

3. Vernikovskiy V.A., Shemin G.G., Deev E.V., Metelkin D.V., Matushkin N.Y., Pervukhina N.V. Geodynamics and Oil and Gas Potential of the Yenisei-Khatanga basin // Minerals 2018, vol. 8 (11), 510.

4. Шемин Г.Г., Верниковский В.А., Москвин В.И., Вакуленко Л.Г., Деев Е.В., Первухина Н.В. Литолого-палеогеографические реконструкции для юрского периода севера Западно-Сибирского осадочного бассейна // Геология нефти и газа, 2018, № 12.

Проект IX.131.1.2. Построение моделей геологического строения и оценка перспектив нефтегазоносности фанерозойских и неопротерозойских осадочных комплексов Лено-Тунгусской НГО для формирования программы геологоразведочных работ и лицензирования недр. (Руководитель к.г.-м.н. С.А. Моисеев)

Анализ геологического строения показал, что по условиям формирования нефтегазопроизводящей толщи и механизму флюидообразования Туринский и Ламско-Хантайский очаги в ниже-среднекембрийских отложениях Северо-Тунгусской НГО подобны Западно-Сибирскому верхнеюрскому баженовскому очагу генерации. Выявление прямых аналогий с хорошо изученными объектами Западной Сибири позволяет подойти к оценке Северо-Тунгусской НГО на принципиально новом уровне, что даже при учете всех отрицательных факторов, действовавших в Северо-Тунгусской НГО, позволяет оценить перспективы ее нефтегазоносности существенно выше, чем это делалось ранее. С вероятностью 0,90 можно утверждать, что начальные суммарные извлекаемые ресурсы углеводородов в Северо-Тунгусской НГО больше 12,88 млрд т УУВ и меньше 32,67 млрд т УУВ, наиболее вероятное значения составляют 22,77 млрд т УУВ. По результатам оценки построена карта плотностей начальных геологических ресурсов. На основании выполненной количественной оценки перспектив нефтегазоносности была подготовлена программа региональных геологоразведочных работ, которая включает проведение сейсморазведочных работ МОГТ-2D в объеме 9031 км и бурение 11 параметрических скважин на глубину от 4600 м до 7950 м с суммарной проходкой 64650 м. Программа рассчитана на 7-10 лет.

Публикации

1. Сухов С.С., А.М. Фомин, С.А. Моисеев Палеогеография как инструмент прогноза кембрийских рифов на востоке Северо-Тунгусской нефтегазоносной области // Нефтегазовая геология. Теория и практика (№3 2018)

2. Губин И.А., Таратенко А.В. Структурная характеристика венд-кембрийских отложений восточной части Северо-Тунгусской НГО по данным сейсморазведки 2D в связи с нефтегазоносностью // Геофизические технологии. - №2, 2018

3. Моисеев С.А., Маслов Д.В., Фомин А.М. Перспективы нефтегазоносности и оценка ресурсов ботубинского горизонта на востоке Центрально-Тунгусской (Сюгджерской) НГО Республики Саха (Якутия) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири №3 2018 С. 25-35

4. Бобкова Е.В., Лобанова Е.В. Восстановление обстановок осадконакопления терригенных горизонтов по данным ГИС на примере парфеновского горизонта и горизонта В10 в центральных частях Ангаро-Ленской и Непско-Ботуобинской нефтегазоносных областей. // Нефтегазовая геология. Теория и практика №1 (т 13) 2018

5. Губин И.А., Конторович А.Э., Моисеев С.А., Фомин А.М., Ярославцева Е.С. Выделение очагов генерации углеводородов в куонамской свите в Северо-Тунгусской НГО с использованием сейсмических данных // Сб. материалов Международной научной конференции Интерэкспо ГЕО-Сибирь "Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология". - Новосибирск: СГУГиТ, 2018. - Т. 2. - С. 47-54. DOI: 10.18303/2618-981X-2018-2-47-55.

6. Сухов С.С., Фомин А.М., Моисеев С.А. Характеристика рифовых комплексов в центральной части Сибирской платформы // Интерэкспо ГЕО-Сибирь: XIV Международный научный конгресс (г. Новосибирск, 23-27 апреля 2018 г.): Междунар. науч. конф. "Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология": Сборник материалов в 6 т.. – 2018. – Т. 1. – С. 47-54

Проект IX.131.1.3. Геология, условия формирования и закономерности размещения залежей углеводородов с трудно извлекаемыми запасами в Западно-Сибирском мегабассейне. (Руководитель к.г.-м.н. В.А. Казаненков)

Баженовская свита согласно ресурсной оценке в настоящее время рассматривается как один из главных перспективных объектов наращивания запасов нефти на территории Западной Сибири. Для определения геологических предпосылок нефтеносности баженовской свиты в 2018 г:

1. Обоснованы и унифицированы методики выделения баженовского горизонта и его корреляции в разнофациальных зонах Западно-Сибирского осадочного бассейна. На основе комплексного анализа результатов палеонтологических, литологических и геохимических исследований керна скважин келловей-волжских отложений, геофизических исследований скважин, сейсморазведочных работ по всей территории Западно-Сибирского осадочного бассейна прослежен баженовский горизонт. Проведено фациально-стратиграфическое районирование баженовского горизонта, которое отражает пространственное соотношение баженовской свиты и ее стратиграфических аналогов. Построенная карта толщин баженовского горизонта в комплексе с собранными материалами по биоте баженовского моря, по вещественному составу пород, геохимии пород и органического вещества является основой для изучения условий седиментации, последующих преобразований на этапах диа- и катагенеза, оценки газонефтегенерационного потенциала, перспектив нефтегазоносности карбонатно-кероген-глинисто-кремнистой толщи баженовского горизонта.

2. Изучено распределение органического углерода (Сорг) в породах баженовского горизонта – уникального объекта преимущественно биогенной седиментации в Западно-Сибирском осадочном бассейне. Для определения концентрации Сорг использовались результаты анализов керна и расчеты по зависимостям керн-ГИС по данным радиоактивного и электрического каротажа.

Построена детальная карта концентраций органического углерода в осадочных породах бассейна. Показано, что от периферии волжского осадочного бассейна Западной Сибири к его центральной относительно глубоководной части средняя концентрация органического углерода в породах возрастает от 2-4% по периферии бассейна до 10-12% в его центральной части. В распределении Сорг в бассейне имеет место асимметрия. Область

максимальных концентраций Сорг занимает юго-западную часть внутренней области осадочного бассейна. В этой области мощность слоев, в которых концентрация Сорг превышает 10 %, составляет от 5 до 12- 15 м. В разрезах максимальные концентрации органического углерода сосредоточены в их центральных и верхних частях. Установлено, что более всего обогащены органическим веществом силициты и обогащенные биогенным по природе кремнеземом микститы.

Публикации

1. Рыжкова С.В., Бурштейн Л.М., Ершов С.В., Казаненков В.А., Конторович А.Э., Конторович В.А., Нехаев А.Ю., Никитенко Б.Л., Фомин М.А., Шурыгин Б.Н., Бейзель А.Л., Борисов Е.В., Золотова О.В., Калинина Л.М., Пономарева Е.В. Баженовский горизонт Западной Сибири: строение, корреляция и толщины // Геология и геофизика. - 2018. - Т. 59. - № 7. - С. 1053-1074.

2. Конторович А.Э., Пономарева Е.В., Бурштейн Л.М., Глинских В.Н., Ким Н.С., Костырева Е.А., Павлова М.А., Родченко А.П., Ян П.А. Распределение органического вещества в породах баженовского горизонта (Западная Сибирь) // Геология и геофизика. - 2018. - Т. 59. - № 3. - С. 357-371.

3. Ponomareva E.V., Burshtein L.M., Kontorovich A.E., Kostyreva E.A. Organic Carbon Distribution in the Bazhenov Horizon Rocks of the Western Siberian Megabasin // Doklady Earth Sciences. - 2018. - Vol. 481. - № 1. - P. 918-921.

4. Борисов Е.В., Казаненков В.А. К вопросу об индексации нижнесреднеюрских продуктивных песчаных пластов в западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба [Электронный ресурс] // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2018. - Т. 13. - № 4. - http://www.ngtp.ru/rub/2018/38_2018.html.

5. Казаненков В.А., Фурсенко Е.А., Шапорина М.Н. Закономерности изменения физико-химических свойств нефтей и конденсатов из залежей тюменской и малышевской свит Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции [Электронный ресурс] // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2018. - Т. 13. - № 2.

6. Карогодин Ю.Н. Новый общий признак месторождений-гигантов // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. - 2018. - № 1. - С. 61-67.

Проект IX.131.1.4. Сейсмостратиграфия, сейсмогеологические модели и прогноз геологического строения нефтегазоперспективных комплексов в осадочных бассейнах Сибири и прилегающих акваториях Северного Ледовитого океана. (Руководитель чл.-к. РАН В.А. Конторович)

На шельфе Карского моря выделяется два осадочных бассейна, разделенных Северо-Сибирским порогом (рис.1). Южная часть Карского моря в тектоническом плане охватывает Южно-Карскую региональную депрессию, которая является северным окончанием Западно-Сибирской геосинеклизы. В нефтегазоносном отношении эта часть акватории выделена в составе Южно-Карской нефтегазоносной области, в пределах которой наибольший интерес в отношении газоносности представляет апт-альб-сеноманский комплекс пород, в отношении жидких углеводородов – неокомские и юрские отложения.

Северная часть Карского моря представляет собой самостоятельную Северо-Карскую перспективную провинцию, на большей части которой перспективы нефтегазоносности связаны с палеозойскими осадочными комплексами кембрия-перми. Нефтегазоперспективные объекты этого бассейна могут быть связаны с антиклинальными, структурно-тектоническими, структурно-стратиграфическими, структурно-

литологическими, тектонически-экранированными ловушками, солянокупольными структурами и рифогенными постройками.

Северо-западная часть шельфа Карского моря является продолжением Баренцевоморской провинции, в которой залежи нефти и газа сконцентрированы в терригенных отложениях триаса и юры.

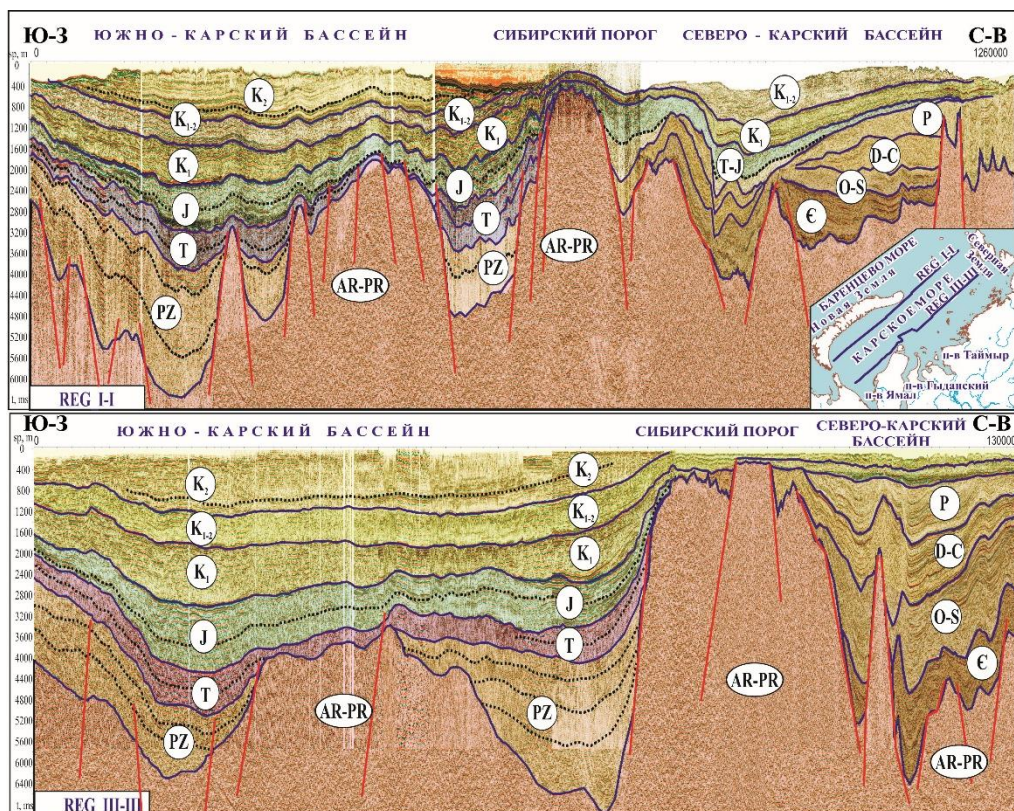


Рисунок 1 - Сейсмогеологические разрезы по профилям, проходящим по линии Южно-Карский бассейн - Сибирский порог - Северо-Карский бассейн

Публикации.

1. Конторович В.А. Нефтегазоносность Карского моря // Деловой журнал Neftegaz.RU – 2018. - №11. – С.34-43
2. Конторович В.А., Сурикова Е.С., Аюнова Д.В., Гусева С.М. Сейсмические образы крупных газовых залежей в Арктических регионах Западной Сибири и на шельфе Карского моря // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2018 - №4.
3. Конторович В.А., Аюнова Д.В., Гусева С.М., Калинина Л.М., Калиин А.Ю., Канаков МС., Соловьев М.В., Сурикова Е.С. Сейсмогеологическая характеристика осадочных комплексов Ямальской, Гыданской и Южно-Карской нефтегазоносных областей (НГО). // Геофизические технологии – 2018. – № 2, 3.
4. V.A. Kontorovich, A Yu Kalinin, L M Kalinina, M V Solovev and S M Guseva Seismogeological characteristics and oil-and-gas content of the Kara Sea shelf (South Kara, North Kara sedimentary basins) / 2018 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 193 012032 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/193/1/012032>
5. V.A. Kontorovich, E S Surikova and D V Ayunova Seismogeological criteria for gas deposits forecasting in the north of Western Siberia / 2018 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 193 012034 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/193/1/012034>

6. E.S. Surikova, A E Solmin and S M Guseva Regional model of the geological structure of the Yamal and Gydan oil-and-gas areas / 2018 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 193 012067 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/193/1/012067>

Проект IX.131.1.5. Основные седиментационные и постседиментационные процессы и закономерности их эволюции в протерозойских и фанерозойских осадочных бассейнах Сибири. (Руководители к.г.-м.н. П.А. Ян, к.г.-м.н. Е.М. Хабаров)

Выполнено комплексное геохимическое, изотопно-геохимическое и минералогическое изучение высокомагнезиальных карбонатов, распространенных в георгиевском горизонте (киммеридж) на западе и в центральных районах Западно-Сибирского бассейна и представленных микробиальными образованиями и массивным вмещающим матриксом. Толщина карбонатных прослоев уменьшается с запада к центру бассейна от 0,5-2 м до первых см. Показано, что карбонаты марганца микробиолитов формировались в самом раннем диагенезе. Чуть позднее происходило замещение массивного известкового матрикса. И тот и другой процесс происходил при активном участии органического вещества. Наиболее поздней генерацией является родохрозит, заполняющий поры онколитов и строматолитов с последующей частичной их пиритизацией. Его формирование происходило без участия органического углерода. Интенсивное поступление в бассейн марганца обусловлено химическим выветриванием богатых марганцем источников сноса на Урале.

Программа IX.131.2. Основы теории нефтидогенеза, история формирования и эволюции нетегазовых систем в докембрии и фанерозое (Координатор чл.-к. РАН В.А. Каширцев)

Проект IX.131.2.1. Органическая геохимия и история геологического развития доминантных нефтегазовых систем верхнего протерозоя и фанерозоя Сибири. (Руководитель д.г.-м.н. А.Н. Фомин)

Результат 1. Обобщение геолого-геохимического материала по верхнепротерозойско-палеозойским отложениям Сибирской платформы.

На основании количественной оценки фенантеновых биомаркеров (1,1,7,8-тетраметил-1,2,3,4-тетрагидрофенантрена (ТТГФ), 1,7,8-триметилфенантрена (ТМФ) и ретена) предложена новая модель (тригонограмма) для диагностики типа исходного органического вещества (ОВ) пород и генотипа генерированных им нефтей. Установлено, что в ОВ потенциально нефтепроизводивших пород хатыспытской свиты неопротерозоя (венда) и куонамского комплекса нижнего и среднего кембрия, в древних нефтях Непско-Ботубинской антеклизы в высоких содержаниях присутствуют триметилфенантрены. В органическом веществе юры и перми, в нефтях Вилюйской синеклизы в аномально высоких концентрациях фиксируется ретен.

Результат 2. Геохимия органического вещества юрских отложений Западной Сибири.

Построена карта распределения органического углерода по аналитическим определениям (4094 анализа керна) и расчетам зависимостей керн-ГИС (48 500 замеров по данным радиоактивного и электрического каротажей). Результаты выполненных исследований показывают, что современная концентрация органического углерода в породах в центральной части Западно-Сибирского бассейна, где развиты баженовская и тутлеймская (нижняя подсвита) свиты, меняется от 1–2 до 25%. Наиболее часто встречаемые концентрации органического углерода в породах (Сорг) этих свит от 7,0 до 13,0%, среднее по результатам анализов – 7,7%. На восточной периферии бассейна, где развиты гольчихинская, яновстанская и марьяновская свиты содержание Сорг меняется от

долей процента до 6–7%. Наиболее часто встречаемые концентрации органического углерода в породах этих свит от 1,0 до 3,0%, среднее по результатам 376 анализов – 1,9%. В распределении Сорг в бассейне имеет место асимметрия. Область максимальных концентраций Сорг (до 10-12%) занимает центральную и южную части бассейна. В северной половине бассейна средние концентрации Сорг, даже в его осевой части, обычно только 4–6% и лишь для отдельных депрессий в южной части Карского моря предполагается, что они достигают 6–8%. Помимо асимметрии в направлении юг–север имеет место асимметрия в направлении восток–запад. Область высоких концентраций Сорг смещена от приенисейской части бассейна на запад, в приуралье.

Работа выполнена совместно с лабораторией № 338

Публикации

1. Каширцев В.А. Углеводороды, окклюзированные асфальтенами // Геология и геофизика. – 2018. – Т. 59. – № 8. – С. 1211-1219.
2. Парфенова Т.М. Новые сведения о геохимии органического вещества пород куонамского комплекса нижнего и среднего кембрия Лено-Амгинского междуречья (юго-восток Сибирской платформы) // Геохимия. – 2018. – № 5. – С. 448-460.
3. Конторович А.Э., Пономарева Е.В., Бурштейн Л.М., Глинских В.Н., Ким Н.С., Костырева Е.А., Павлова М.А., Родченко А.П., Ян П.А. Распределение органического вещества в породах баженовского горизонта (Западная Сибирь) // Геология и геофизика. – 2018. – Т. 59. – № 3. – С. 357-371.
4. Ponomareva E.V., Burshtein L.M., Kontorovich A.E., Kostyreva E.A. Organic Carbon Distribution in the Bazhenov Horizon Rocks of the Western Siberian Megabasin // Doklady Earth Sciences. - 2018. - Vol. 481. - № 1. - P. 918-921.

Проект IX.131.2.2. Численное моделирование современной структуры и процессов формирования эпиконтинентальных осадочных бассейнов. (Руководитель к.г.-м.н. В.В. Лапковский)

Основной результат - Методика создания обобщенных каротажных диаграмм разрезов скважин на основе их автоматической корреляции.

Для группы скважин, находящихся на некоторой территории, предложена методика создания обобщенных образов их каротажных диаграмм и кривых, характеризующих литологические и петрофизические свойства пород, который включает две стадии. На первой, в заданном стратиграфическом диапазоне в автоматическом режиме вычисляется корреляционная модель, которая позволяет любой точке произвольной скважины поставить в соответствие стратиграфически эквивалентные ей точки или интервалы всех остальных скважин. Построение стратиграфической модели рассматривается как решение многомерной оптимизационной задачи. На второй стадии создается модельная скважина, характеристики которой – положение стратиграфических границ и значения каротажных кривых вычисляются как средне взвешенные по всей группе скважин с учетом отношений стратиграфической эквивалентности. Веса могут приниматься равными для всех скважин, или определяться в зависимости от их пространственного положения.

Такая обобщенная модель позволяет количественно оценивать типичные характеристики свит и пластов и анализировать индивидуальные отклонения, свойственные отдельным районам или скважинам.

Публикации

1. Лапковский, В.В. Обобщенный образ скважины по каротажным данным: технология создания и применения [Электронный ресурс]/ В.В. Лапковский, Н.Е. Шмелев,

Б.В. Лунев // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2018. – Т. 13. – № 2, 17 с - http://www.ngtp.ru/rub/11/11_2018.pdf

2. В.В. Лапковский, В.А. Конторович, Н.Е. Шмелев Обобщенный образ и обоснование границ баженовской свиты по каротажным данным для разрезов салымского типа / Геология и геофизика, 2018, № 9, с. 1408-1417

Программа IX.131.3. Эволюция гидрогеологических систем осадочных бассейнов Сибири. (Координаторы чл.-к. РАН А.Р. Курчиков, д.г.-м.н. С.В. Алексеев, д.г.-м.н. С.В. Шварцев)

Проект IX.131.3.1. Формирование гидрогеохимических и геотермических условий глубоких горизонтов нефтегазоносных районов Западной Сибири в результате эволюции гидрогеологических систем. (Руководитель - чл.-корр. РАН А.Р. Курчиков)

В результате сопоставления основных компонентов химического состава пресных подземных вод на период освоения олигоценового водоносного горизонта и современной интенсивной эксплуатации на территории юго-западной части ХМАО – Югры отмечено их изменение как во времени, так и по площади исследований. Наибольшая неоднородность состава воды приурочена к современному периоду активной разработки территорий нефтяных месторождений и интенсивной эксплуатации пресных подземных вод.

В данный период зафиксированы увеличение в составе воды сухого остатка, уменьшение ионов гидрокарбоната, кальция, магния, увеличение ионов хлора, натрия и калия, что, в свою очередь, привело к появлению новых типов вод (гидрокарбонатных натриево-калиевых и хлоридных натриево-калиевых). Вследствие этого произошли уменьшение количества однородных гидрокарбонатных кальциево-магниевых вод и увеличение вод смешанного типа.

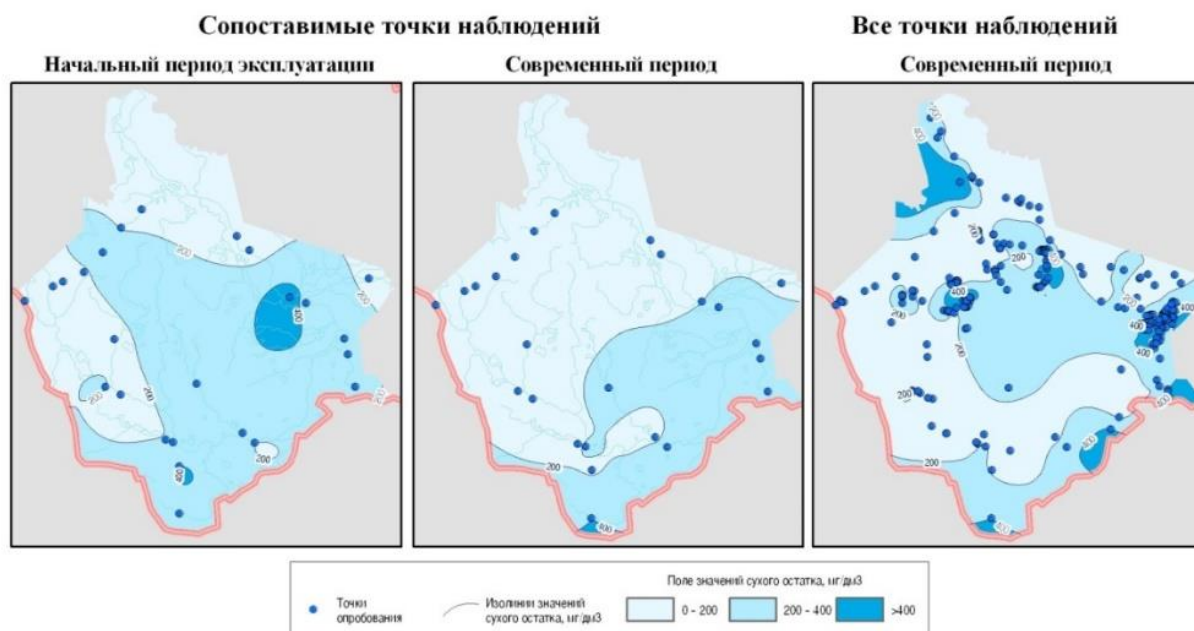


Рисунок 1 - Схема площадного распределения сухого остатка в пробах воды

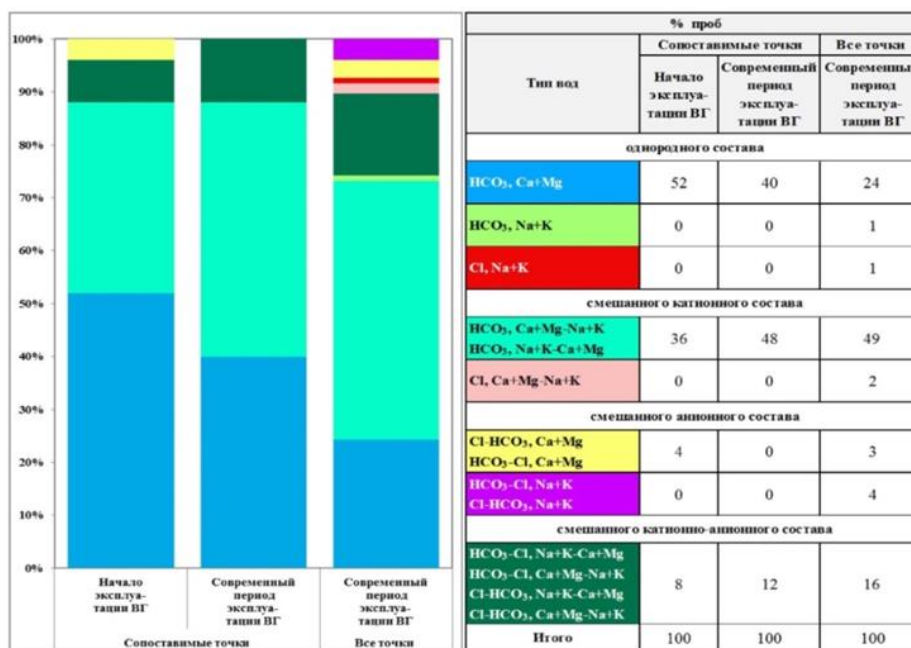


Рисунок 2 - Тип вод по преобладающим ионам

Проект IX.131.3.2. Геохимия, генезис и механизмы формирования состава подземных вод арктических районов осадочных бассейнов Сибири. (Руководитель к.г.-м.н. Новиков Д.А.)

Сравнительный анализ захороненных сингенетических вод оксфордского бассейна и данных по современной гидрогеохимии подземных вод верхнеюрского водоносного комплекса арктических районов Западной Сибири выявил весьма значительные различия. По величине общей минерализации и химическому составу впервые выявлены области положительных и отрицательных аномалий. В первом случае большинство аномалий приурочены к структурам Южно-Надымской и Предъенисейской мегамоноклиз, где широко проявлены процессы вертикальной разгрузки подземных вод нижне-среднеюрского и палеозойского водоносных комплексов в зонах тектонических нарушений. Отрицательные аномалии закономерно трассируют границу глинизации оксфордского регионального резервуара в центральных районах Надым-Тазовского междуречья значительно расширяясь в северо-восточном направлении и захватывая практически всю территорию прилегающих районов Енисей-Хатангского регионального прогиба, а также охватывают центральные районы Красноселькупской и западные Предъенисейской мегамоноклизы. Их природа связана с развитием процессов элизионного водообмена. Геостатическая (литостатическая) водонапорная система на глубинах 2–2.5 км переходит в термодегидратационную, что сопровождается АВПД и появлением в водонапорной системе пресных химически-связанных вод. Системе «вода-порода-газ-органическое вещество» принадлежит ключевая роль в процессах формирования химического состава подземных вод нефтегазоносных отложений.

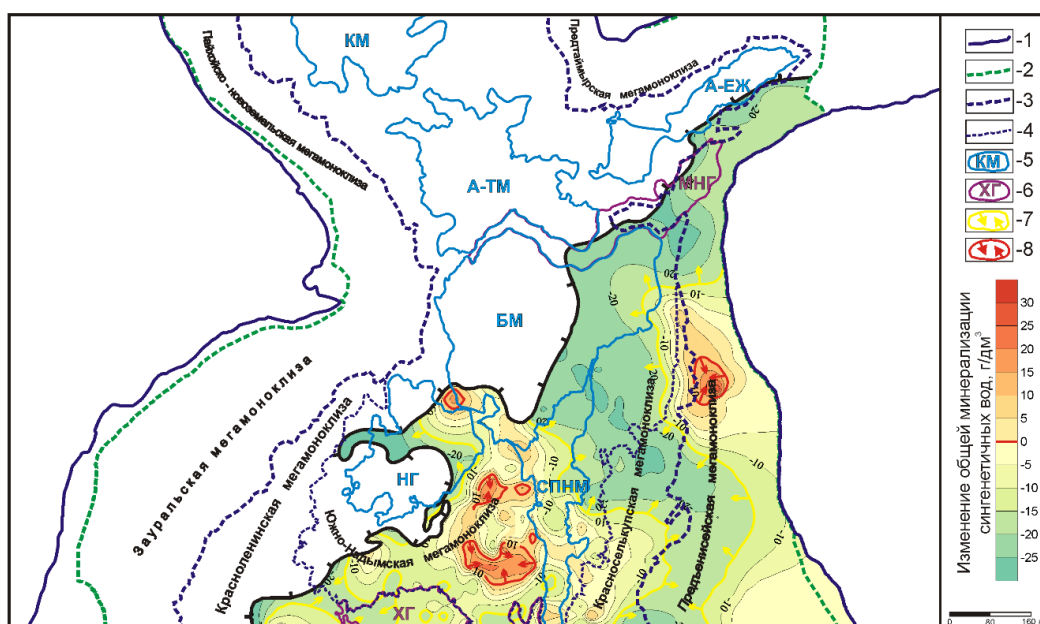


Рисунок 1 - Изменение величины общей минерализации сингенетических вод оксфордского регионального резервуара с момента захоронения до наших дней

Границы: 1 – Западно-Сибирского осадочного бассейна; 2 – юрского осадочного бассейна; 3 – Внутренней области и Внешнего пояса; 4 – Ямало-Карской депрессии; 5 – положительные тектонические элементы – структуры 0 порядка: KM – Карская мегасинеклиза, А-ТМ – Антипаютинско-Тадеебахинская мегасинеклиза, А-ЕЖ – Агапско-Енисейский желоб, БМ – Большехетская мегасинеклиза, НГ – Надымская гемисинеклиза, СПНМ – Среднепурский наклонный мегажелоб; 6 – отрицательные тектонические элементы – структуры 0 порядка: МНГ – Мессояхская наклонная гряда, ХГ – Хантейская гемисинеклиза. Гидрогеохимические аномалии, связанные с процессами: 7 – термодегидратации глинистых минералов; 8 – разгрузки подземных вод нижне-среднеюрского и палеозойского водоносных комплексов.

Публикации

1. Novikov D.A., Sadykova Y.V., Chernykh A.V., Dultsev F.F., Sukhorukova A.F. Paleohydrochemistry of Jurassic and Cretaceous deposits in arctic regions of Western Siberia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 193 (1) (2018) 012051 DOI: 10.1088/1755-1315/193/1/012051 (WoS, Scopus)

2. Sadykova Y.V. Singenetic waters composition reconstruction methods of mesozoic sedimentary basins // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 193 (1) (2018) 012059 DOI: 10.1088/1755-1315/193/1/012059 (WoS, Scopus)

3. Novikov D.A. Genetic classification of subsurface waters and brines of Arctic regions of Siberia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 193 (1) (2018) 012049 DOI: 10.1088/1755-1315/193/1/012049 (WoS, Scopus)

4. Novikov D.A. Theoretical substantiation of application of the hydrocarbon accumulation prospecting technique in Western Siberia based on the study of water-gas equilibria // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 193 (1) (2018) 012048 DOI: 10.1088/1755-1315/193/1/012048 (WoS, Scopus)

5. Novikov D.A., Dultsev F.F., Chernykh A.V. Abnormally high formation pressures in jurassic-cretaceous reservoirs of Arctic regions of Western Siberia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 193 (1) (2018) 012050 DOI: 10.1088/1755-1315/193/1/012050 (WoS, Scopus)

6. Novikov D.A., Chernykh A.V., Dultsev F.F., Geochemistry of brines in Vendian deposits of the Siberian platform // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 193 (1) (2018) 012052 DOI: 10.1088/1755-1315/193/1/012052 (WoS, Scopus)

7. Новиков Д.А. Разведка месторождений нефти и газа в юрско-меловых отложениях полуострова Ямал на основе изучения водно-газовых равновесий // Нефтяное хозяйство, № 4, 2018. – С.16-21. DOI: 10.24887/0028-2448-2018-4-16-21 (Scopus, РИНЦ)

8. Новиков Д.А. О вертикальной гидродинамической зональности Ямало-Карской депрессии (северные районы Западной Сибири) // Известия Вузов. Нефть и газ, № 1, 2018. – С.35-42. (РИНЦ)

9. Черных А.В., Новиков Д.А. Палеогидрогеология Анабаро-Хатангского бассейна // Известия Вузов. Нефть и газ, № 4, 2018. – С.27-33. (РИНЦ)

10. Новиков Д.А., Рыжкова С.В., Дульцев Ф.Ф., Черных А.В. О геотермической зональности нефтегазоносных отложений северо-западных районов Новосибирской области // Известия Вузов. Нефть и газ, № 5, 2018. – С.69-76. (РИНЦ)

Проект IX.131.3.3 Геологическая эволюция системы вода-порода-газ-органическое вещество (на примере отдельных районов Западно-Сибирского и Тунгусского артезианских бассейнов). (Руководитель к.г.-м.н. О.Е. Лепокурова)

Впервые разработана новая концепция формирования содовых подземных вод применительно к юго-востоку Западной Сибири, основанная на глубоком изучении взаимодействия системы вода - алюмосиликатная порода - газ (метан, углекислый газ) - органическое вещество (уголь, болотная органика).

Введена оригинальная типизация содовых вод региона, включающая химический, газовый и изотопный состав, условия залегания и распространения (рис. 1).

Доказано, что многообразие состава вод связано с разным временем взаимодействия в системе вода-порода, согласно концепции С.Л. Шварцева, и с особенностями среды (наличием или отсутствием дополнительного источника CO₂ и органики), это нашло подтверждение данными изучения изотопов ¹⁸O и ¹³C.

Предложен механизм масштабного фракционирования водорастворенного углерода, согласующийся с механизмом формирования содовых вод.

Публикации

1. Иванова И.С., Король И.С., Широкова Л.С., Покровский О.С. Структурно-групповой состав растворенного органического вещества в водах термокарстовых озер Большеземельской тундры // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. - 2018. - Т. 329. - № 7. - С. 6-16.

2. Домрочева Е.В., Кузеванов К.И., Гридасов А.Г., Сизиков Д.А. Гидрогеологические условия Нарыкско-Осташкинской площади Ерунаковского района Кузбасса // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329. № 9. 134–142.

3. Лепокурова О.Е. Содовые подземные воды юга Кузбасса: изотопно-химические особенности и условия формирования // Геохимия. - 2018. - № 9. - С. 904-919.

4. Савичев О.Г., Домаренко В.А., Перегудина Е.В., Лепокурова О.Е. Трансформация минерального состава донных отложений от истоков к устьям рек // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. - 2018. - Т. 329. - № 7. - С. 43-56. Borzenko S.V., Kolpakova M.N., Shvartsev S.L., Isupov V.P. Biogeochemical conversion of sulfur species in saline lakes of Steppe Altai // Journal of Oceanology and Limnology. - 2018. - Vol. 36. - № 3. - P. 676-686.

5. Borzenko S.V., Zamana L.V., Usmanova L.I. Basic formation mechanisms of Lake Doroninskoye soda water, East Siberia, Russia // Acta Geochimica. - 2018. - Vol. 37. - № 4. - P. 546-558.

6. Gonzalez A.G., Pokrovsky O.S., Ivanova I.S., Oleinikova O., Feurtet-Mazel A., Mornet S., Baudrimont M. Interaction of Freshwater Diatom with Gold Nanoparticles: Adsorption, Assimilation, and Stabilization by Cell Exometabolites // Minerals. - 2018. - Vol. 8. - № 3. - P. 99-99.

7. Shvartsev S.L., Sun Z., Borzenko S.V., Gao B., Tokarenko O.G., Zippa E.V. Geochemistry of the thermal waters in Jiangxi Province, China // Applied Geochemistry. – V. 96. – 2018. – P. 113-130.

8. Vladimirov A.G., Krivonogov S.K., Karpov A.V., Nikolaeva I.V., Razvorotneva L.I., Kolpakova M.N., Moroz E.N. The Main Factors of Uranium Accumulation in the Ishim Plain Saline Lakes (Western Siberia) // Doklady Earth Sciences. - 2018. - Vol. 479. - № 2. - P. 511-517.

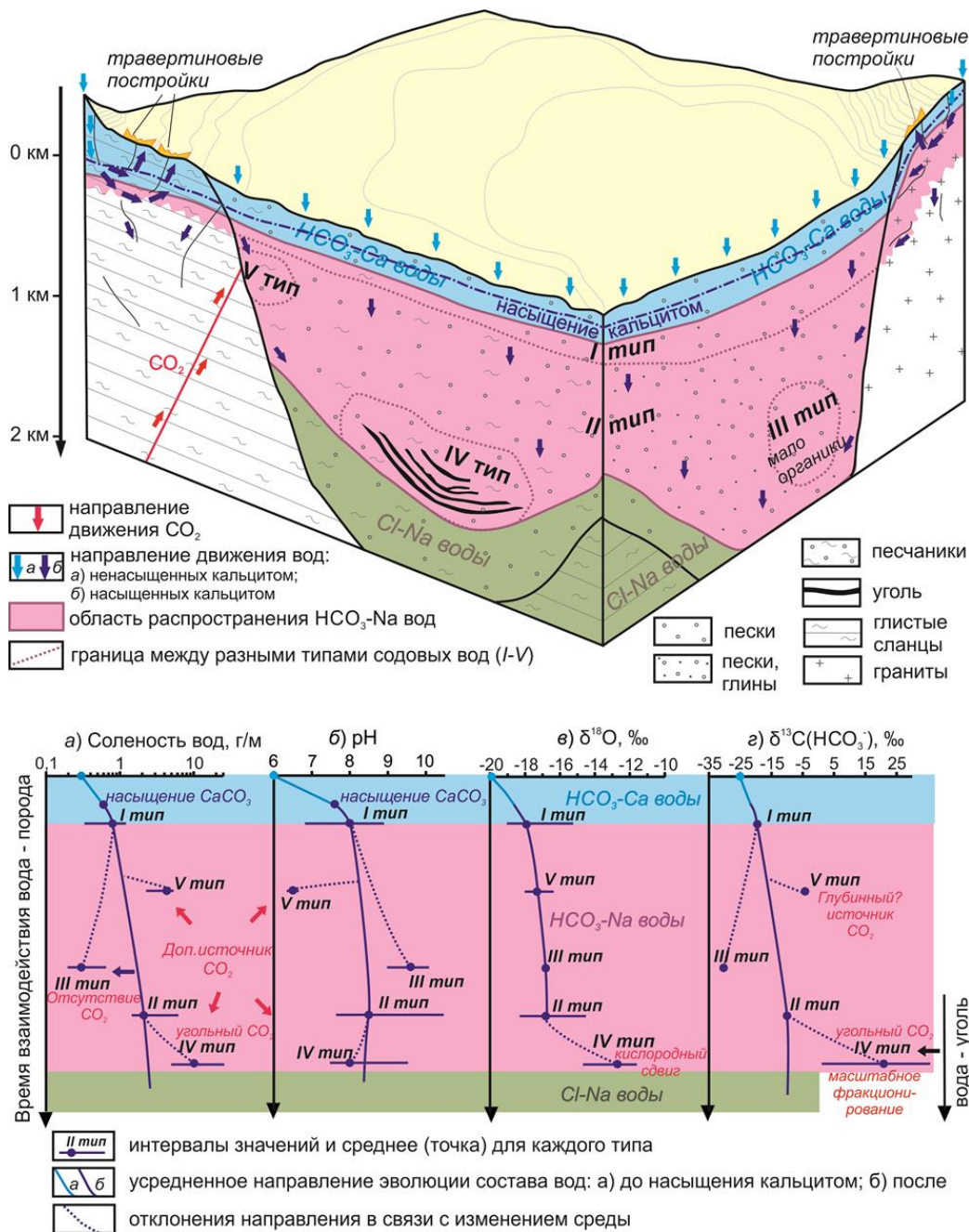


Рисунок 1 - Блок-схематическая модель формирования содовых вод в регионе (сверху) и зависимости показателей (внизу) солёности (а), рН (б), δ¹⁸O (в), δ¹³C (HCO₃-) (г) вод от времени взаимодействия системы вода-порода-(уголь)

Программа IX.131.4. Научные основы формирования сырьевой базы традиционных и нетрадиционных источников углеводородного сырья в Сибири в XX веке. (Координатор ак. РАН А.Э. Конторович)

Проект IX.131.4.1. Разработка методов количественной оценки нетрадиционных ресурсов нефти и газа (баженовская свита, мелкие и мельчайшие месторождения и пр.). Оценка традиционных и нетрадиционных ресурсов осадочных бассейнов Сибири. (Руководитель д.г.-м.н. Л.М. Бурштейн)

Разработаны и апробированы теоретические модели преобразования рассеянного органического вещества в катагенезе и формирования пустотного пространства в породах баженовского типа.

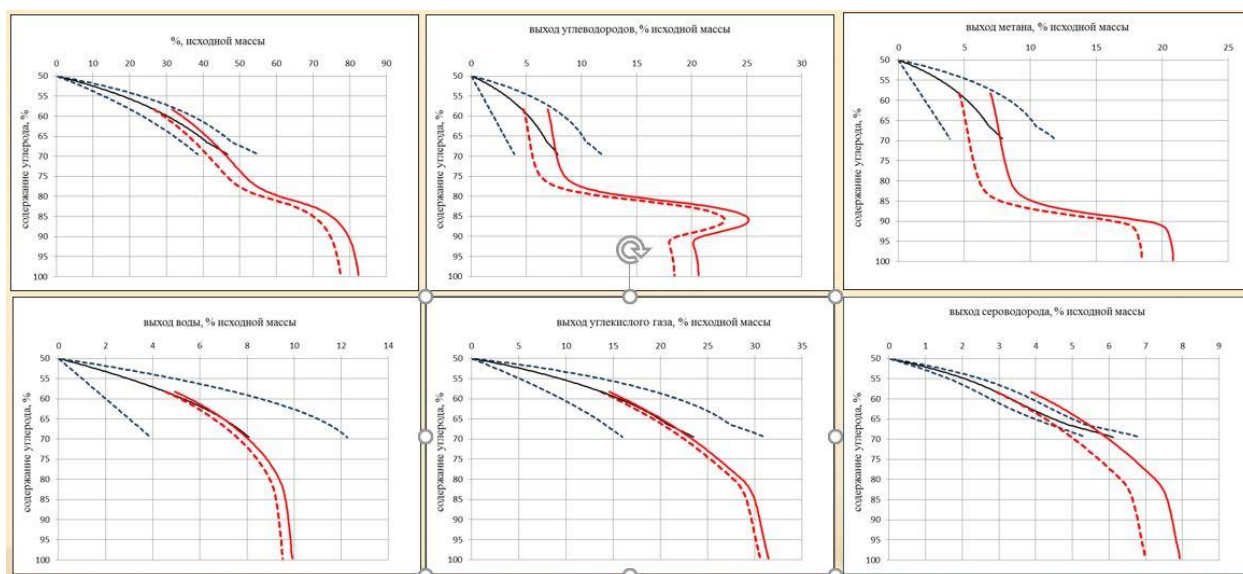


Рисунок 1 - Интервальные оценки выхода продуктов катагенеза РОВ баженовского горизонта

Черные линии – расчет по балансовому методу с ограничением на минимальный масштаб выхода некоторых компонент (диагенез, протокатагенез). Красные линии – комплексная кинетическая модель. Точечная – в предположении, что модель справедлива с начала протокатагенеза (ПК1-ПК2, $T < 50^{\circ}\text{C}$, $R_o \sim 0.26\%$, $C_r \sim 58\%$). Сплошная – модель справедлива с начала мезокатагенеза (МК11-ПК12, $T \sim 70^{\circ}\text{C}$, $R_o \sim 0.45\%$, $C_r \sim 68\%$)

Публикации

1. Дешин А.А., Бурштейн Л.М. Оценка масштабов генерации углеводородов в средне-верхнеюрских отложениях севера Западной Сибири // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2018. – Т. 13. – № 3. – С. 1-17
2. Конторович А.Э., Костырева Е.А., Родякин С.В., Сотнич И.С., Ян П.А. Геохимия битумоидов баженовской свиты // Геология нефти и газа. – 2018. – № 2. – С. 79-88
3. Конторович А.Э., Пономарева Е.В., Бурштейн Л.М., Глинских В.Н., Ким Н.С., Костырева Е.А., Павлова М.А., Родченко А.П., Ян П.А. Распределение органического вещества в породах баженовского горизонта (Западная Сибирь) // Геология и геофизика. – 2018. – Т. 59. – № 3. – С. 357-371
4. Конторович А.Э., Родякин С.В., Бурштейн Л.М., Костырева Е.А., Ян П.А. Пористость и нефтенасыщенность порового пространства пород баженовской свиты // Геология Нефти И Газа. – 2018 - № 5. – с.5-17. (в печати)

5. Пономарева Е.В., Бурштейн Л.М., Конторович А.Э., Костырева Е.А. Органический углерод в породах баженовского горизонта Западно-Сибирского мегабассейна // Доклады РАН. – 2018. – Т. 481. – № 2. – С. 189-192

6. Рыжкова С.В., Бурштейн Л.М., Ершов С.В., Казаненков В.А., Конторович А.Э., Конторович В.А., Нехаев А.Ю., Никитенко Б.Л., Фомин М.А., Шурыгин Б.Н., Бейзель А.Л., Борисов Е.В., Золотова О.В., Калинина Л.М., Пономарева Е.В. Баженовский горизонт Западной Сибири: строение, корреляция и толщины // Геология и геофизика. – 2018. – Т. 59. – № 7. – С. 1053-1074

7. Kontorovich A.E., Eder L.V., Filimonova I.V., Nikitenko S.M. Key Problems in the Development of the Power of Siberia Project // Regional Research of Russia. – 2018. – Т. 8. – № 1. – С. 92-100.

Проект IX.131.4.2 Анализ современного состояния и прогноз развития нефтегазового комплекса России на период до 2040 г. (Руководитель: д.э.н. Л.В. Эдер)

Обоснованы основные факторы, влияющие на ключевые направления развития газовой промышленности России до 2040 г. в части добычи, переработки и транспорта газообразных углеводородов. В области добычи и транспорта природного газа в России ключевым определяющим фактором является конъюнктура мировых энергетических рынков, где наряду с природно-климатическими условиями, трансформацией топливно-энергетического баланса, определяющим фактором выступает стоимость углеводородного сырья.

Построена математическая эконометрическая модель, описывающая эту зависимость. В области переработки природного газа показано, что ключевым фактором развития отрасли является переработка жирного природного газа валанжинских и ачимовских залежей, а также месторождений Восточной Сибири. Ключевым вопросом в этом аспекте является синхронизация добычи и переработки сырья на востоке России. Предложена схема формирования газопереработки на востоке России.

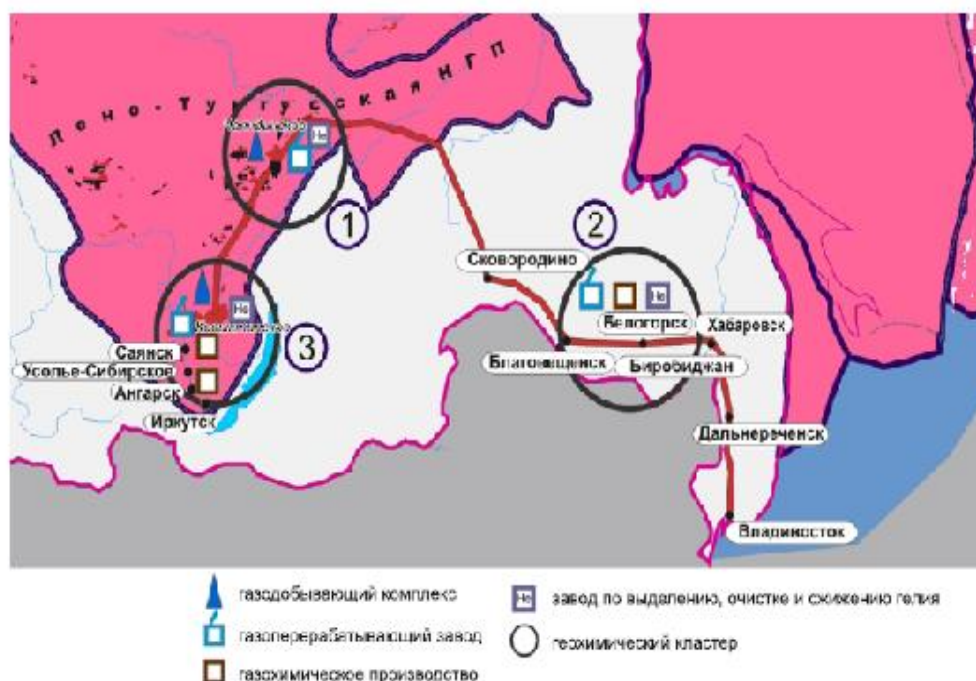


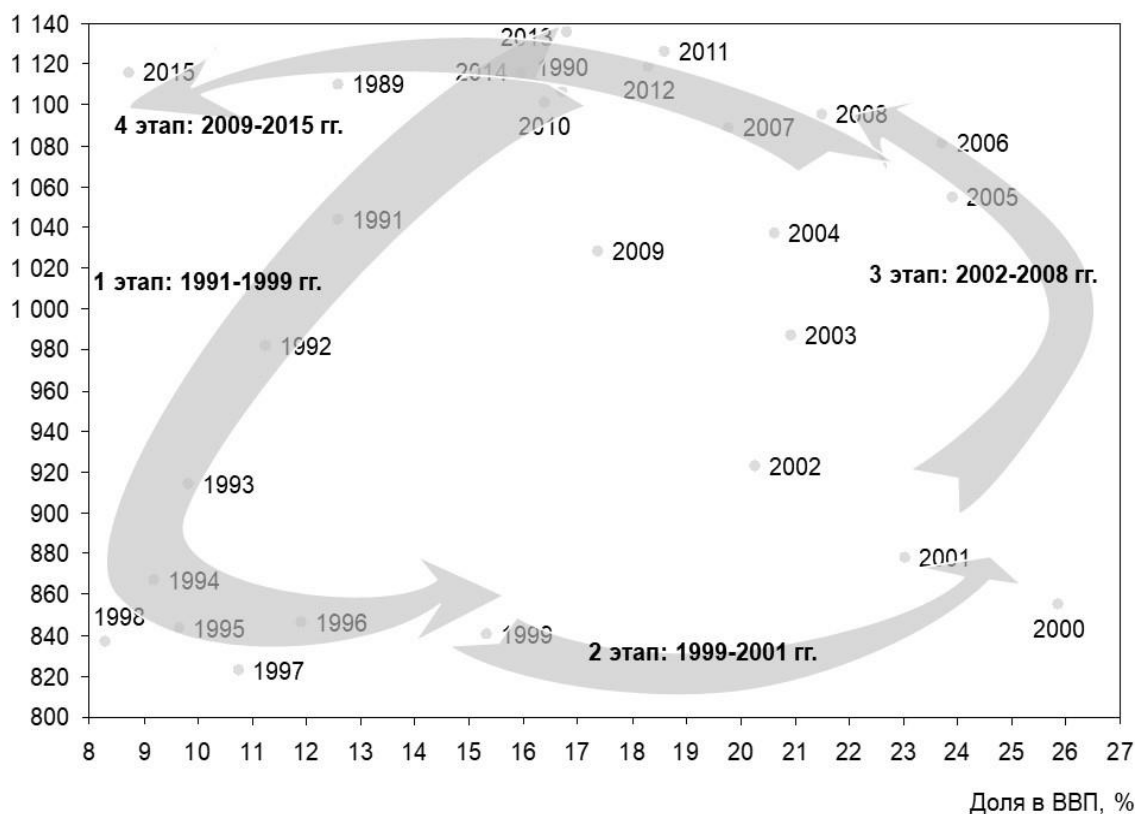
Рисунок 1 – Принципиальная схема формирования ВосточноСибирского газохимического и гелиевого кластера

Проект IX.131.4.3. Разработка имитационной модели долгосрочного функционирования нефтегазового комплекса Российской Федерации в зависимости от состояния и качества сырьевой базы, потребностей рынка, ее программная реализация и апробация. (Руководители к.г.-м.н. В.В. Лапковский, д.э.н. И.В. Филимонова)

На основе модели оценки эффективности производственно-экономической деятельности нефтегазовых компаний за период 1990-2017 гг. установлено, что роль нефтегазовых доходов в России носит циклический характер. Выделено четыре этапа трансформации роли НГК в экономике, характеризующихся снижением эффекта отрасли для экономики.

Устойчивыми тенденциями является сокращение рентабельности нефтегазового бизнеса в России на фоне опережающего роста издержек производства над снижением налогового бремени в следствии ухудшения качества и состава сырьевой базы, изменения географии добычи. Одновременно происходит недофинансирование ряда направлений, необходимых для обеспечения устойчивого и долгосрочного развития экономики страны в связи с распределением прибыли в пользу дивидендных выплат.

Добыча, млн т.н.э.



Проект IX.131.4.4. Методы построения статических и динамических структурных и параметрических моделей осадочных нефтегазоносных бассейнов. (Руководитель: д.т.н. А.Г. Плавник).

Дано обоснование метода учета анизотропии в рамках вариационно-сеточного метода геокартирования на основе моделирования соответствующего деформационного преобразования. Вычислительная схема моделирования является общей для задач с однородной и с неоднородной анизотропией.

Подход обобщен на случай решения трехмерных задач. Этим снимаются значительные трудности постановки и решения содержательных задач трехмерного

моделирования, в которых неоднородность и анизотропия отложений, как правило, является неотъемлемым и важнейшим внешним фактором, определяющих закономерности пространственного изменения.

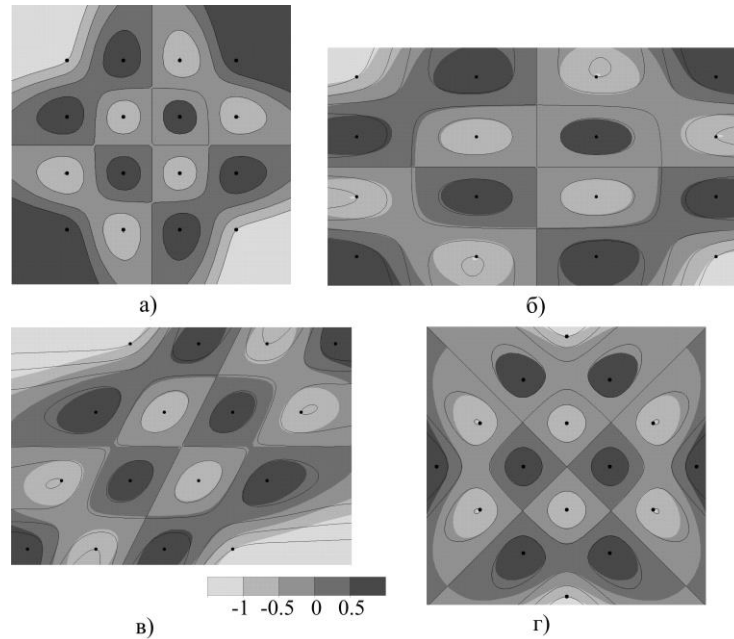


Рисунок 1 - Тестовое моделирование преобразований сжатия, скоса и поворота

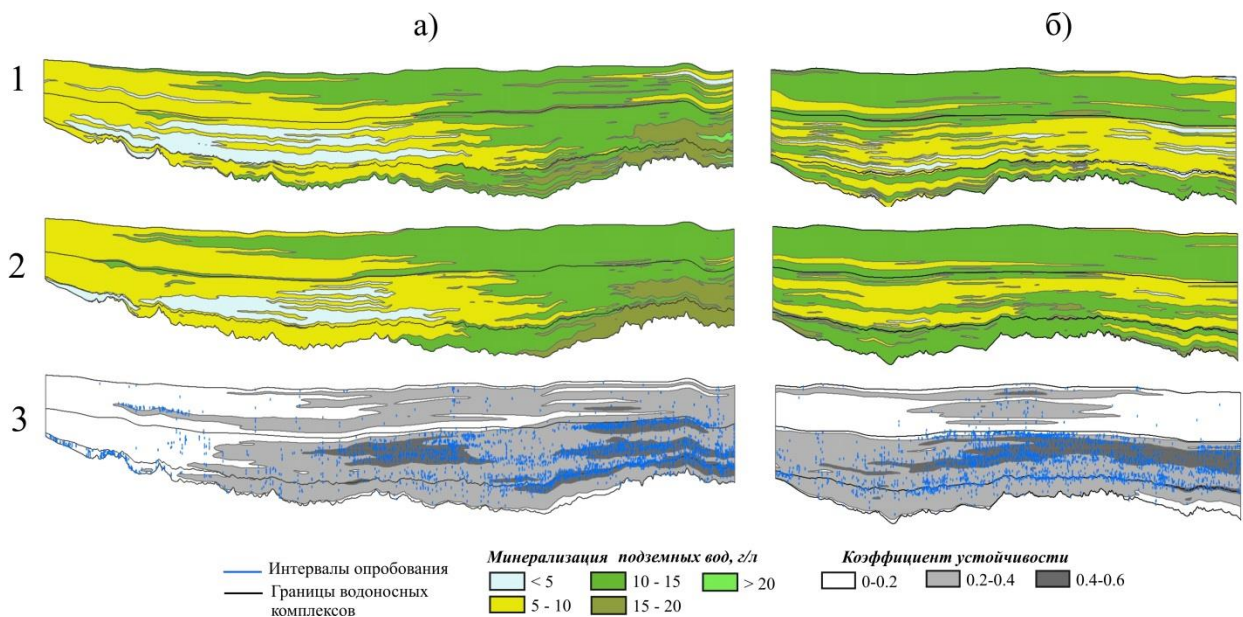


Рисунок 2 - Построение разрезов с учетом анизотропии

Публикации

1. Плавник А.Г., Галкина Н.Ю. Прогностические особенности применения априорных модельных условий в рамках вариационно-сеточного метода геокартирования. Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2018. № 6. С. 29–36.

2. Плавник А.Г., Сидоров А.Н. Картирование свойств геологических объектов с учетом анизотропии на основе моделирования деформационного преобразования // Математическое моделирование. 2018. Т. 30. № 3. С. 19–36.

ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ IX.138. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ, ТЕХНОЛОГИЙ И СРЕДСТВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ И НЕДР ЗЕМЛИ, АТМОСФЕРЫ, ВКЛЮЧАЯ ИОНОСФЕРУ И МАГНИТОСФЕРУ ЗЕМЛИ, ГИДРОСФЕРЫ И ИОНОСФЕРЫ; ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ГЕОИНФОРМАТИКА (ИНФРАСТРУКТУРА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ И ГИС-ТЕХНОЛОГИИ)

Программа IX.138.1. Обоснование физико-химических основ создания и разработки инновационных приборов для геологоразведки, экологического мониторинга и специального контроля. (Координатор д.т.н. В.М. Грузнов)

Проект IX.138.1.1. Полевые химико-аналитические технологии для геологоразведки, геоэкологии и контроля техногенных объектов. (Руководитель д.т.н. В.М. Грузнов)

Создана методика теоретического многопараметрического подбора поликапиллярных колонок (ПКК) для разделения сложных смесей веществ на основе их индексов удерживания R_I и рассчитываемых факторов удерживания k . Методика учитывает температуру разделения, степень разделения, необходимую селективность. Критерий правильности методики – близость рассчитанных факторов удерживания измеренным: Нитроглицерин - 10,46/10,00; тротил- 62,28/55,6

Создан оригинальный метод автоматизированной калибровки газового хроматографа по встроенному парофазному источнику сверхмалой концентрации 10-10 г/см³ паров углеводородов, задаваемой по впервые измеренным авторами коэффициентам распределения углеводородов между их водными растворами и воздухом над растворами. Погрешность калибровки – не более 10%.

Публикации

А. О. Малышева, М. Н. Балдин, В. М. Грузнов, Л. В. Блинова // Аналитика и контроль. 2018. Т.22. №2. С. 177 – 185.

Балдин М.Н., Грузнов В.М., Малышева А.О. Пробоотборник для анализа воздуха с калибровкой // Пат. на полезную модель 178679 RU. Опубликовано: 17.04.2018 Бюл. № 11.

Проект IX.138.1.2. Разработка новых технологий разновысотной съемки земного магнитного поля с помощью БПЛА и геомагнитная томография. (Руководитель ак. РАН М.И. Эпов)

Разработан, изготовлен и прошел натурные испытания прототип многоканальной информационно-измерительной системы (МИИС) на беспилотном воздушном судне для измерения полного вектора индукции МПЗ с выделением вертикальной и горизонтальной компонент.

Программа IX.138.3. Экогеохимия и электрогеохимия современных активных процессов. (Координатор д.г.-м.н. С.Б. Бортникова)

Проект IX.138.3.1 Оценка и прогноз развития природно-техногенных систем по данным геохимических и геофизических методов исследования. (Руководитель д.г.-м.н. С.Б. Бортникова)

Сравнительная оценка подвижности тяжёлых металлов и анионогенных элементов в системе «вещество отвала – атмосфера». Отделяющиеся от техногенного сульфид-

содержащего вещества газы представляют собой сложную смесь, состоящую из паров воды, органических газов (SO_2 , $\text{C}_2\text{H}_6\text{S}$, $\text{C}_2\text{H}_6\text{SO}$, CS_2 , $\text{C}_2\text{H}_6\text{Se}$, S_6 , S_7 , S_8) и широкого круга химических элементов: породообразующих (Ca, Mg, Na, K, Si, Fe, Al, Mn), металлов (Cu, Zn, Pb, Ni, Sn) и металлоидов (As, Te, Sb), рис. 1. Наиболее контрастные отличия в составе конденсатов, собранных на отвалах, по сравнению с фоновой точкой, обнаруживают металлы: Cu, Zn, Pb, Co, Ni, Cr, Cd и некоторые анионогенные элементы: As, Sb, Sn, Mo, характерные для минералов рудной ассоциации, присутствующих в отвалах в виде сульфидов и окисленных форм (рис. 2).

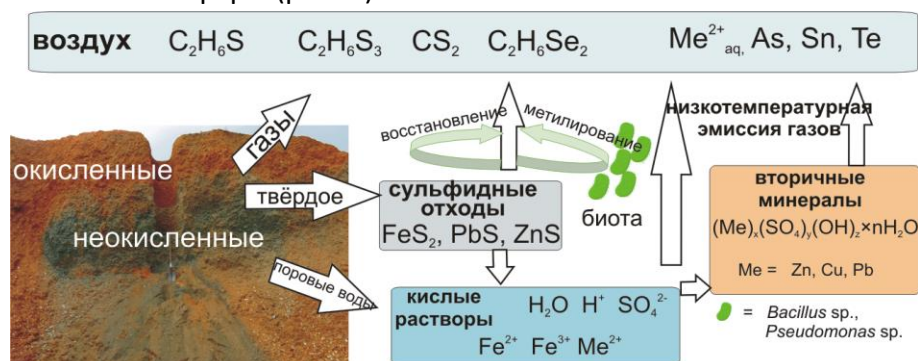


Рисунок 1- Схема формирования и миграции газовых потоков от техногенных тел

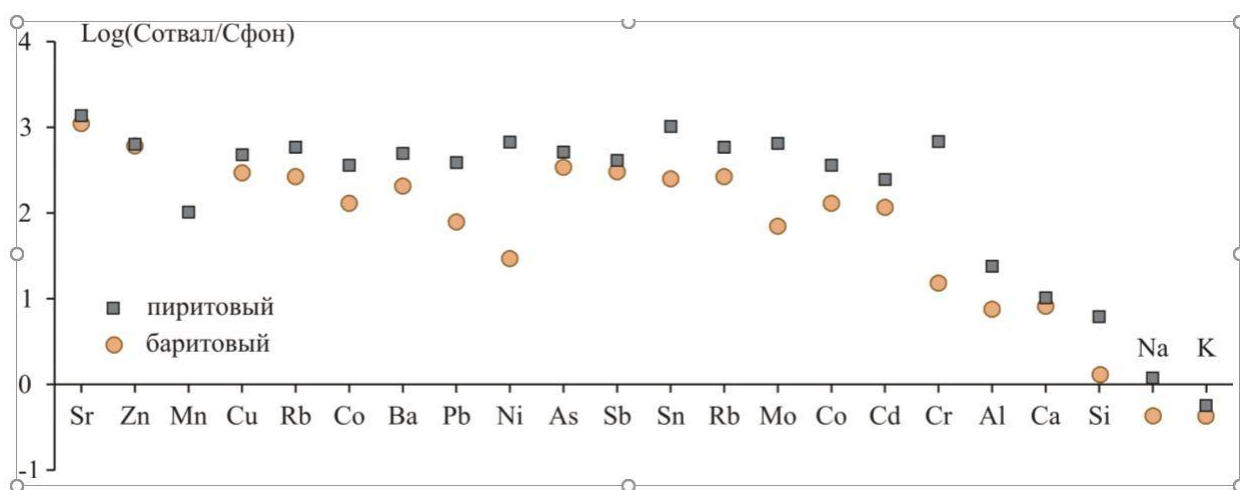


Рисунок 2- Концентрации элементов в конденсатах на отвалах по сравнению с фоном

Основными источниками элементов в паро-газовых потоках являются неустойчивые вторичные кристаллогидраты $(\text{Me})_x(\text{SO}_4)_y(\text{OH})_z \cdot n\text{H}_2\text{O}$ и межпоровые растворы. Незначительное повышение температуры (начиная с 30°C) приводит к дегидратации водных сульфатов, изменению их минеральных форм с отделением молекул воды, которые захватывают элементы из состава минералов. При отделении паровой фазы от растворов подвижность элементов определяется их химическими формами нахождения. Паровая фаза переносит элементы преимущественно в виде аква-ионов, а закомплексованные формы остаются в солевом остатке. Жизнедеятельность бактериального сообщества, присутствующего в веществе хвостов, способствует метилированию некоторых элементов (S, Se) и образованию газов – продуктов метаболизма.

Коэффициенты распределения элементов между поровыми водами и паро-газовой фазой (конденсат), а также между содержанием элементов в виде вторичных (водорастворимых) соединений позволяют оценить их сравнительную подвижность в

процессе фазового разделения, а также определить преимущественный источник поступления элементов в паро-газовую фазу (рис. 3).

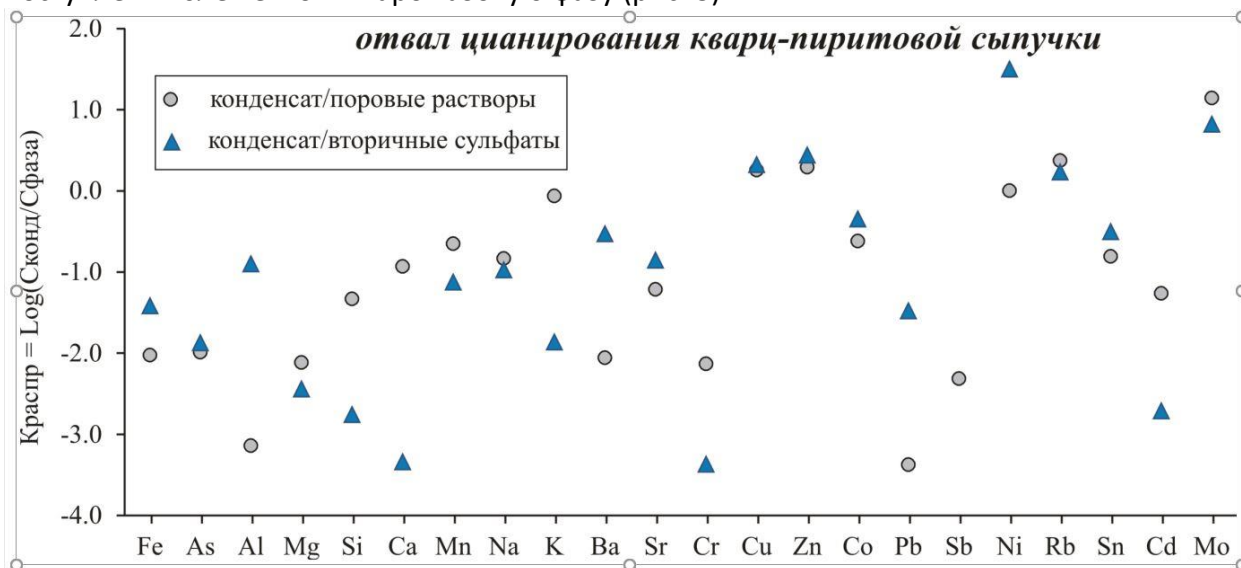


Рисунок 3- Коэффициенты распределения элементов при фазовом разделении в системах «раствор-конденсат» и «твёрдое-конденсат»

Публикации

1. Bortnikova S., Yurkevich N., Devyatova A., Saeva O., Shuvaeva O., Makas A., Troshkov M., Abrosimova N., Kirillov M., Korneeva T., Kremleva T., Fefilov N., Shigabaeva G. Mechanisms of low-temperature vapor-gas streams formation from sulfide mine waste. Science of the Total Environment. 2019, v. 647, pp. 411–419, Опубликовано: 2018-Aug-03 (Epub 2018 Aug 03).

2. Bortnikova S.B., Yurkevich N.V., Abrosimova N.A., Devyatova A.Yu., Edelev A.V., Makas A.L., Troshkov M.L. Assessment of emissions of trace elements and sulfur gases from sulfide tailings. Journal of Geochemical Exploration 186 (2018) 256–269.

ПРОЕКТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ СО РАН № II.1 «МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИНТЕГРАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ»

II.1.6.4 «Оценка возможности образования и диссоциации скоплений газогидратов в различных структурах Вилюйской синеклизы за последние 150 тыс.лет». Блок проекта «Палеорекострукция теплового поля и криолитозоны Вилюйской синеклизы в позднем плейстоцене-голоцене». (Руководитель проекта д.г.-м.н. Железняк М.Н.; руководитель блока – д.г.-м.н. Дучков А.Д.)

Задание на 2018 г.: «Сбор геотермических материалов по Вилюйской синеклизе, разработка методик и оценка современного расположения границ зон стабильности гидратов метана (ЗСГМ) и углекислого газа (ЗСУГ), построение схем расположения зон стабильности в осадочном чехле Вилюйской синеклизы».

Ожидаемые результаты: «Схемы современного расположения зон стабильности гидратов метана и углекислого газа в осадочном чехле Вилюйской синеклизы».

Полученные результаты

1. В геологических разрезах скопления метана в гидратной форме могут содержаться только в зонах стабильности газогидратов (ЗСГ) - в слоях, где существуют необходимые для этого температуры и давления. По геотермическим данным и фазовым диаграммам систем «газ - вода» определено расположение верхней и нижней границ ЗСГ метана и углекислого газа в 46 пунктах синеклизы и построены схемы их распределения.

2. В качестве примера на рисунке (важнейший результат) показана схема размещения нижней границы ЗСГ метана. Она располагается повсеместно в подмерзлотном слое на глубинах до 2,8 км. Верхняя граница ЗСГ метана располагается в криолитозоне на глубине ~0.2 км.

3. Полученные результаты свидетельствуют о существовании в осадочном чехле Вилюйской синеклизы благоприятных условий для формирования скоплений метангидратов.



Рисунок 1 - Схема расположения нижней границы ЗСГ метана (черные изолинии, оцифровка в км) в осадочном чехле Вилюйской синеклизы. Желтыми изолиниями (оцифровка в метрах) показано расположение нижней границы криолитозоны (данные ИМЗ СО РАН). Точками с номерами отмечены участки, для которых выполнены оценки расположения границ.

Публикация

Дучков А.Д., Соколова Л.С., Железняк М.Н., Аюнов Д.Е. К вопросу о поисках месторождений гидратов метана в областях распространения криолитозоны // Геофизические технологии, 2018, №2, с.27-40.

II.1.14.1 «Геолого-геохимические условия формирования «адамантановых нефтей и конденсатов» (Западная Сибирь) и их ресурсы». Блок проекта «Адамантановые нефти и конденсаты Сибири (геология, геохимия, условия образования, ресурсы, технология получения высокоплотных топлив и масел)» (Руководители проекта – чл.кор. РАН Каширцев В.А., чл.-кор. РАН Нестеров И.И.; руководитель блока – к.г.-м.н. Фурсенко Е.А.)

Актуальность проводимых исследований диктуется необходимостью интенсификации углубленной переработки углеводородного сырья. Установленное наличие адамантана и его гомологов в составе нефтей и конденсатов северных и арктических районов Западной Сибири расширяет границы применения этих углеводородных флюидов в промышленности.

Цель исследований по блоку проекта - определить основные закономерности условий формирования месторождений «адамантановых» нефтей и конденсатов в недрах, оценить их ресурсы.

Объекты исследования: 1) конденсаты Малоямальского месторождения (5) (Ямальская НГО), отобранные из залежей и конденсатопроявлений в пластах Ю2-3, Ю4 и Ю6 (батский резервуар). Глубины отбора проб – от 2264 до 2366 м. Пластовые температуры - > 80°C. 2) Нефти (2) и конденсаты (9) Салмановского месторождения (Гыданская НГО), отобранные из нижнемеловых отложений (пласты группы ТП). Глубины отбора проб – от 1694 до 2740 м. Пластовые температуры – 31,0 – 63,5 °С.

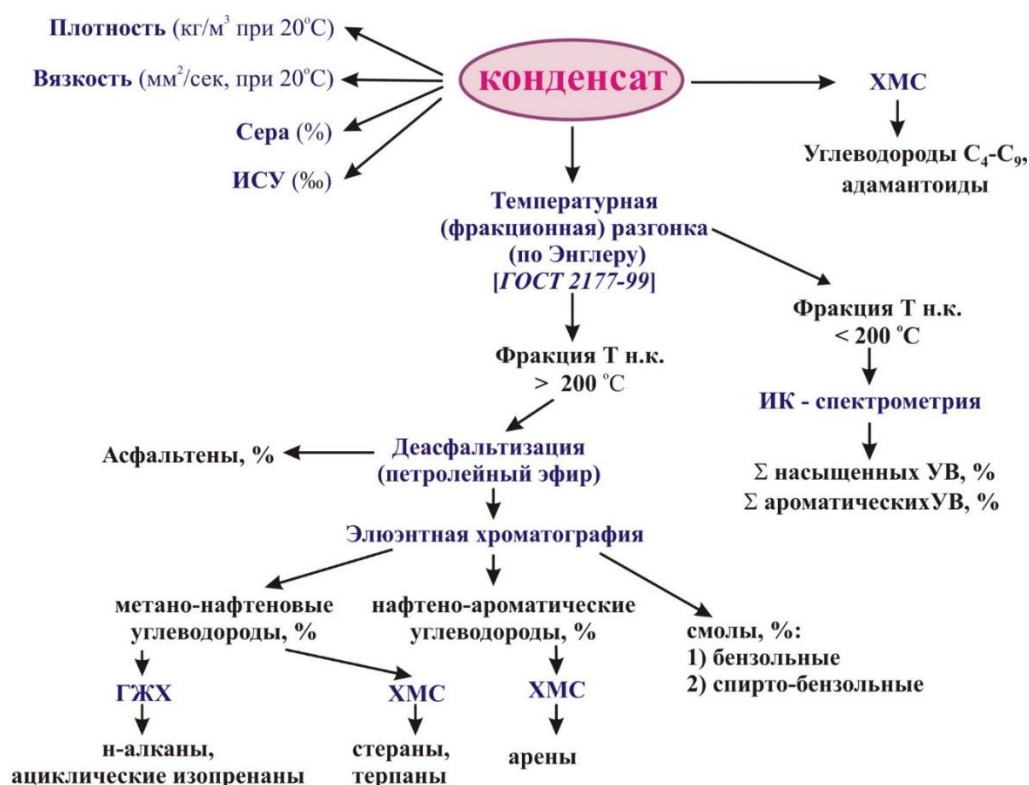


Рисунок 1 – Комплекс аналитических исследований

Основные полученные результаты.

1. Нефти и конденсаты из неглубоких залежей Салмановского месторождения являются в разной степени биodeградированными (высокий нафтенный «горб», отсутствие или очень низкие концентрации n-алканов и ациклических изопренанов). Конденсаты этого месторождения из более погруженных пластов и малоямальские пробы из юрских залежей биodeградации не подвергались.

2. Исследованные нефти и конденсаты являются катагеннозрелыми (коэффициенты зрелости по составу стеранов C29: $\beta\beta(20S+20R)/\alpha\alpha 20R$ и $\alpha\alpha 20S/\alpha\alpha 20R$, T_s/T_m , дибензтиофеновый индекс (ДБТИ), фенантеновый индекс (ФИ), соотношение между триароматическими стероидами (ТАСИ) и др.) и соответствуют террагенному генотипу (изотопный состав углерода; пристан/ фитан; ИТС; гомогопаны C35/ C34; стераны C29/ C27; фенантены/ дибензтиофены; три-/ моноароматические стероиды).

3. Во всех исследованных нефракционированных пробах методом хроматомасспектрометрии идентифицированы адамантан и его гомологи. Концентрации этих углеводородов в биodeградированных нефтях значительно выше по сравнению как с

биodeградированными, так и с неизмененными конденсатами. Этот факт подтверждает остаточное накопление адамантоидов при микробиальном окислении нефтей.

Публикации

1. Фурсенко Е.А., Каширцев В.А., Казаненков В.А. Адамантоидные углеводороды в конденсатах из залежей средней юры Малоямальского месторождения (Западная Сибирь)// Интерэкспо ГЕО-Сибирь: XIV Международный научный конгресс (г. Новосибирск, 23-27 апреля 2018 г.): Междунар. науч. конф. "Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология": Сборник материалов в 6 т. – 2018. – Т. 1. – С. 102-108.

2. Фурсенко Е.А., Каширцев В.А. Адамантоидные углеводороды в нефтях и конденсатах Салмановского (Утреннего) месторождения (Западная Сибирь)// Тезисы докладов Международных конференций "Перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций" и "Химия нефти и газа" в рамках Международного симпозиума "Иерархические материалы: разработка и приложения для новых технологий и надежных конструкций" (г. Томск, 1-5 октября 2018 г.). – 2018. – С. 686

3. Бакланова О.Н., Лавренов А.В., Каширцев В.А., Василевич А.В., Княжева О.А., Фурсенко Е.А., Нестеров И.И. Тяжелая нефтеносная нефть Русского месторождения: новые возможности квалифицированной переработки// Тезисы докладов Международных конференций "Перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций" и "Химия нефти и газа" в рамках Международного симпозиума "Иерархические материалы: разработка и приложения для новых технологий и надежных конструкций" (г. Томск, 1-5 октября 2018 г.). – 2018. – С. 689.

4. Певнева Г.С., Воронецкая Н.Г., Можайская М.В., Головкин А.К., Фурсенко Е.А., Каширцев В.А. Особенности состава ароматических углеводородов «адамантановых» конденсатов Западной Сибири// Тезисы докладов Международных конференций "Перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций" и "Химия нефти и газа" в рамках Международного симпозиума "Иерархические материалы: разработка и приложения для новых технологий и надежных конструкций" (г. Томск, 1-5 октября 2018 г.). – 2018. – С. 721.

II.1.18.1 «Экспериментальное изучение физических свойств (акустических и электрических) гидратосодержащих образцов и создание на этой основе эффективных моделей связи физических свойств с содержанием и распределением гидрата в поровом пространстве; развитие аппаратуры и методов измерений». Блок проекта «Изучение физико-химических свойств гидратосодержащих пород для развития дистанционных методов обнаружения и характеристики природных скоплений газовых гидратов» (Руководитель проекта д.г.-м.н. Дучков А.Д.; руководитель блока – к.ф.-м.н. Дучков А.А.)

По результатам лабораторных измерений получены данные по акустическим свойствам (скоростей Р- и S-волн) образцов, содержащих гидрат метана, в зависимости от вещественного состава матрицы (рисунок 1).

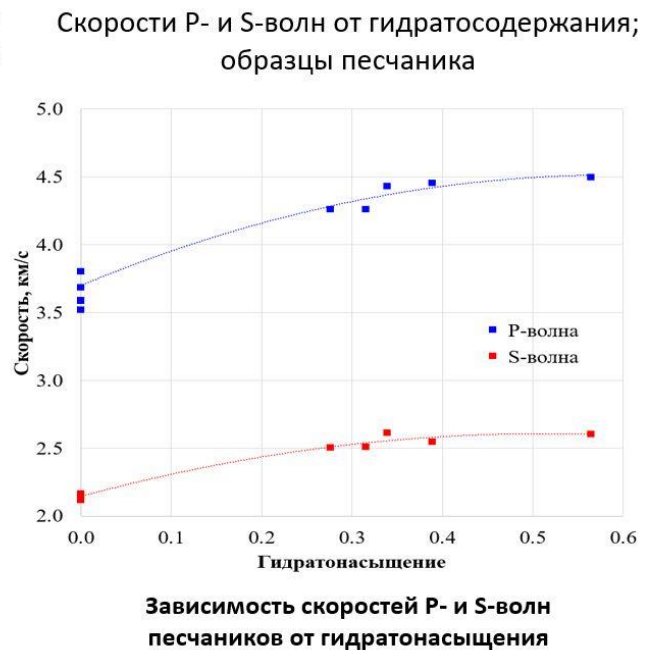
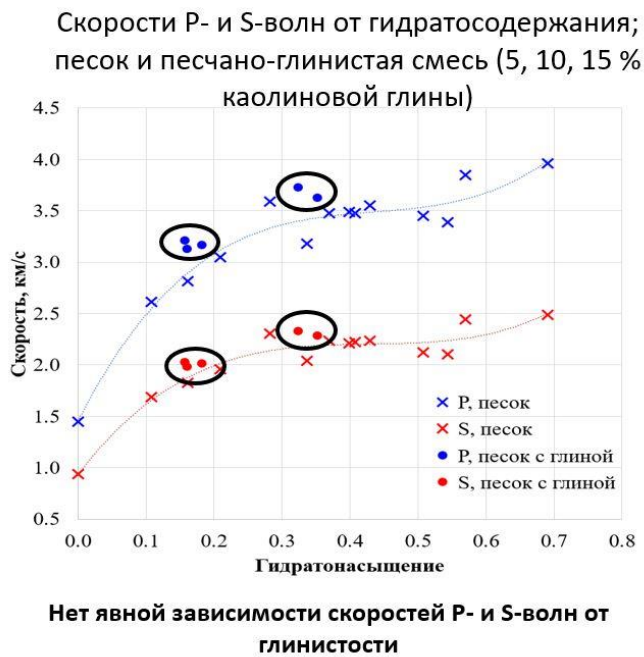


Рисунок 1 – Акустические свойства образцов в зависимости от вещественного состава матрицы

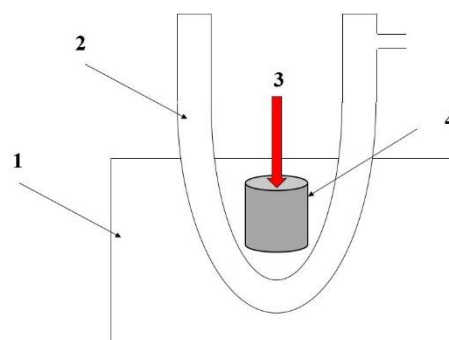
Публикация

Дугаров Г.А., Дучков А.А., Дучков А.Д., Манаков А.Ю., Купер К.Э., Фокин М.И., Дробчик А.Н. Лабораторное исследование песчаных образцов, содержащих гидрат метана нецементирующего типа // Геофизические технологии, 2018, №2. С. 41-50.

II.1.18.3 «ЯМР-релаксометрия модельных гидратосодержащих образцов». Блок проекта «Изучение физико-химических свойств гидратосодержащих пород для развития дистанционных методов обнаружения и характеристики природных скоплений газовых гидратов» (Руководитель проекта д.г.-м.н. Дучков А.Д.; руководитель блока д.ф.-м.н. Глинских В.М.)

В ИНГГ СО РАН совместно с ИНХ СО РАН изучены методом ЯМР-релаксометрии связи фазовых превращений, релаксационных свойств гидратосодержащих осадочных пород с вещественным составом и структурой порового пространства.

Создана лабораторная установка с кварцевой ячейкой для низкотемпературных измерений ЯМР–релаксометром (рис. 1).



- 1 – магнитная система;
- 2 – стеклянная трубка;
- 3 – термopара;
- 4 – образец

Рисунок 1 – Лабораторная установка с кварцевой ячейкой

Выявлены четыре этапа диссоциации гидратов тетрагидрофурана (ТГФ):

I этап: $< 0^{\circ}\text{C}$ – естественное нагревание образца;

II этап: $0-4^{\circ}\text{C}$ – частичное плавление льда;

III этап: $4-5^{\circ}\text{C}$ – диссоциация гидрата ТГФ;

IV этап: $> 5^{\circ}\text{C}$ – испарение воды с поверхности песчинок.

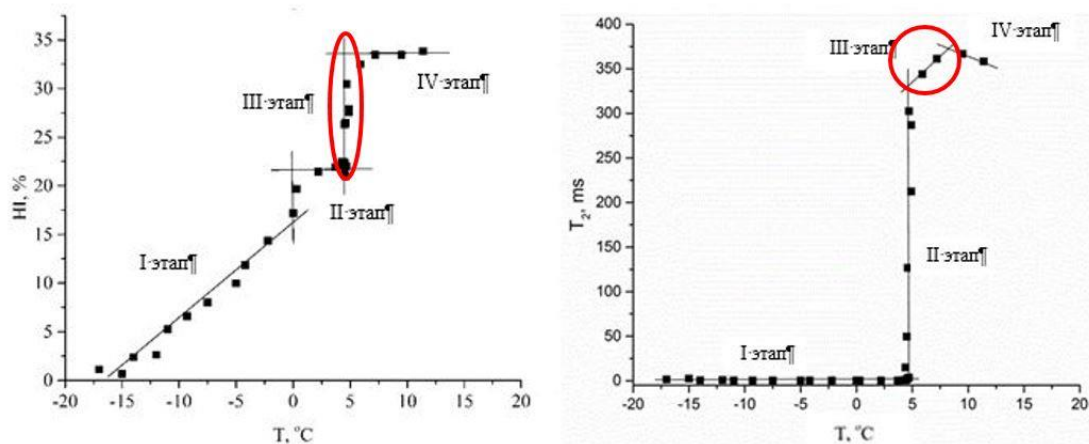


Рисунок 2 - Связь водородсодержания и времени поперечной релаксации гидрата ТГФ

ЯМР – параметры – чувствительные индикаторы диссоциации газовых гидратов. Их зависимости от времени характеризуют основные этапы диссоциации и выделяют этап разрушением гидрата ТГФ.

Публикации

1. Шумская М.И., Глинских В.Н., Голиков Н.А. Определение петрофизических параметров терригенных пород-коллекторов методом ЯМР-релаксометрии (аналитический обзор) // Каротажник, 2018, №12, с. 1-10.

2. Turakhanov A.H., Shumskayte M.Y., Ildyakov A.V., Manakov A.Y., Smirnov V.G., Glinskikh V.N., Duchkov A.D. Formation of methane and carbon dioxide hydrates from water sorbed by anthracite: an investigation by low-field NMR relaxation // Fuel, 2019. В печати.

3. Шумская М.И., Глинских В.Н., Дучков А.Д., Манаков А.Ю. Применение метода лабораторной ЯМР-релаксометрии при изучении свойств газовых гидратов // Материалы XIV международной научной конференции «ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2018», Новосибирск: 2018, Т. 3, с. 3-10.

II.1.28.1 «Реконструкция тектонической истории формирования осадочных бассейнов Центральной и Восточной Арктики и фильтрационно-емкостных свойств нефтегазоносных резервуаров». Блок проекта «Тектонотермальное, геодинамическое и численное моделирование формирования осадочных бассейнов Центральной и Восточной Арктики с использованием супер-ЭВМ. (Руководитель проекта – академик РАН Верниковский В.А.; руководитель блока – к.г.-м.н. Деев Е.В.)

1. На базе детальной корреляции юрских отложений, результатов литолого-фациальных, геохимических и палеонтологических исследований составлено 13 литолого-палеогеографических карт для северной части Западно-Сибирского бассейна для зимнего, левинского, шараповского, китербютского, надояхского, лайдинского, вымского, леонтьевского, малышевского, георгиевского, баженовского региональных стратиграфических горизонтов, нижневасюганского и верхневасюганского подгоризонтов (рисунок 1).

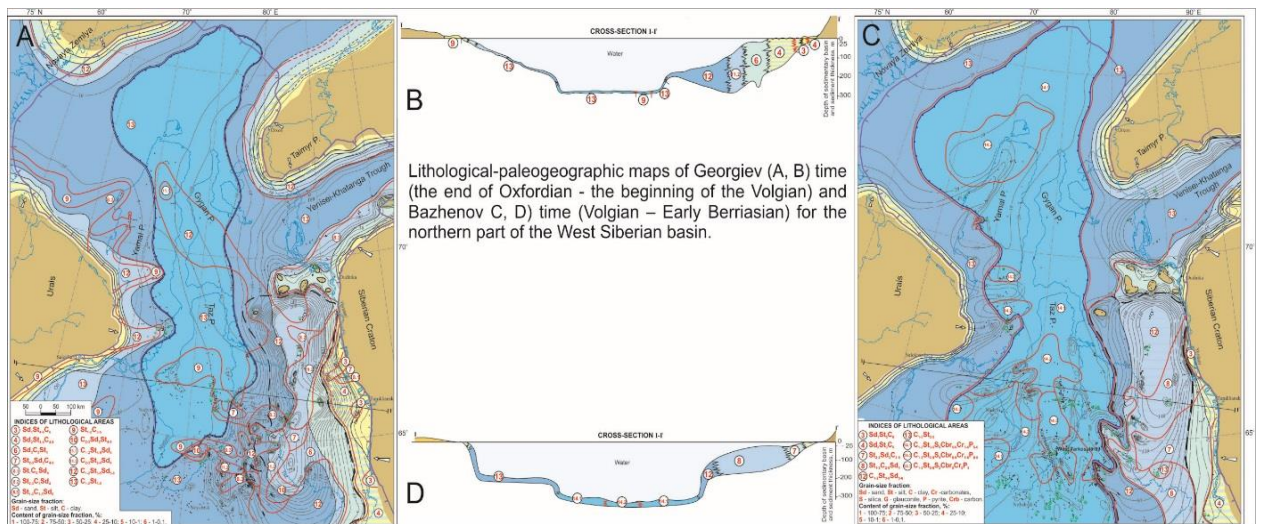


Рисунок 1

2. На основе авторской базы данных и анализа опубликованных материалов впервые проведен комплексный анализ геодинамической эволюции северо-западной окраины Сибирского кратона от докембрийско-палеозойских и мезозойских складчатых структур до образования Енисей-Хатангского осадочного бассейна. Определены основные этапы тектонического развития региона. Обобщены данные по нефтегазовым залежам, месторождениям и флюидоупорам в триасовых, юрских и меловых комплексах.

Публикации

1. Шемин Г. Г., Верниковский В.А., Москвин В. И., Вакуленко Л. Г., Деев Е.В., Первухина Н.В. Литолого-палеогеографические реконструкции для юрского периода севера Западно-Сибирского осадочного бассейна // Геология нефти и газа, 2018. - № 6.
2. Vernikovskiy V., Shemin G., Deev E., Metelkin D., Matushkin N., Pervukhina N. Geodynamics and oil and gas potential of the Yenisei-Khatanga basin (Polar Siberia) // Minerals, 2018. - V. 8. - P. 510

II.1.32.1 «Разработка физических и математических моделей процессов теплообмена в композитах с фазоизменяемыми параметрами и их анализ. Разработка и реализация процедур численного моделирования многофизических процессов в различных по структуре и составу композитов с фазоизменяемыми параметрами». Блок проекта «Экспериментальные исследования и математическое моделирование нативных и инженерных объектов с фазоизменяемыми параметрами» (Руководитель проекта академик Эпов М.И.; руководитель блока д.т.н. Шурина Э.П.)

Разработаны и реализованы в виде программного комплекса вычислительные схемы на базе разрывного метода Галёркина и многомасштабного гетерогенного метода конечных элементов для трёхмерного моделирования процессов теплообмена в композитах с фазоизменяемыми параметрами.

Установлена анизотропная природа теплопроводности при преимущественной ориентации включений (парафина).

Фронт фазового перехода движется линейно при преимущественной ориентации включений (парафина) и нелинейно при случайном расположении в образце.

Публикации

1. Eпов M.I., Shurina E.P., Itkina N.B., Kutischeva A.U., Markov S.I. Finite element modeling of a multi-physics poro-elastic problem in multiscale media // Journal of

Computational and Applied Mathematics, September 2018. DOI: 10.1016/j.cam.2018.08.039

2. Markov S.I. A discontinuous Galerkin method for mathematical modeling of ice melting at the interaction with the environment / S. I. Markov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2018. - vol.193. - Art. 012043 (6 p.). - DOI: 10.1088/1755-1315/193/1/012043. - Работа выполнена: при поддержке гранта Президента РФ
3. Markov S.I. Multiscale nonconformal finite element methods for solving problems with moving boundaries / S. I. Markov // Актуальные проблемы электронного приборостроения (АПЭП–2018) = Actual problems of electronic instrument engineering (APEIE–2018) : тр. 14 междунар. науч.-техн. конф., Новосибирск, 2–6 окт. 2018 г. : в 8 т. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2018. – Т. 1, ч. 4. – С. 174-176. - 45 экз. - ISBN (NSTU) 978-5-7782-3614-1
4. Шурина Э.П., Марков С.И. Применение разрывного метода Галёркина для решения двухфазной задачи Стефана = An adaptive discontinuous Galerkin method for solving two phase Stefan problems / С. И. Марков, Н. Б. Иткина // Высокопроизводительные вычислительные системы и технологии = High-Performance Computing Systems and Technologies. – 2018. – № 1 (8). – С. 79–82. – Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии Президента РФ (СП-3627.2016.5)
5. Иткина Н.Б., Марков С.И. Применение разрывного метода Галёркина для решения сингулярно-возмущённых задач / Н.Б. Иткина, С.И. Марков // Вычислительные технологии. – 2016. – Т. 21. – Ч. 4. – с. 49-63.

II.1.33.4 «Исследование информативности дистанционных методов обнаружения паров взрывчатых веществ». Блок проекта «Научные основы новых технологий дистанционного обнаружения взрывчатых веществ» (Руководитель проекта - д.ф.-м.н. Ворожцов А.Б.; руководитель блока д.т.н. Грузнов В.М.)

Цель: определение информативности лидарного обнаружения объектов с взрывчатыми веществами (ВВ) и формулировка рекомендаций по её повышению.

Выявлен эффект высокой роли конденсированных следов ВВ (по сравнению с парами) на поверхности контролируемых объектов для их дистанционного обнаружения лидаром. В частности, следы тротила (10-12 г/см³) на ткани обнаруживаются газовым хроматографом и не обнаруживаются лидаром из-за малого количества и паров, и твёрдых следов. Но легко обнаруживаются лидаром суммарные (парообразные и конденсированные) следы на поверхности имитаторов ТНТ, гексогена, ТЭНа с расстояния 5 м (уровень сигнала значительно превышает шум).

Значение эффекта: в связи с высокой сорбируемостью паров ВВ и сверхмалыми их концентрациями около объектов информативность целесообразно оценивать по порогу поверхностной плотности ВВ на объектах и ориентироваться на создание портативных лидарных обнаружителей с порогом ~ нг/см².

Публикация

Балдин М.Н., Бобровников С.М., Ворожцов А.Б., Горлов Е.В., Грузнов В.М., Жарков В.И. Панченко Ю.Н., Прямов М.В., Сакович Г.В. Об эффективности совместного дистанционного лазерного и газохроматографического обнаружения следов взрывчатых веществ// Оптика атмосферы № 12, 2018.

II.1.34.2 «Определение микроимпульсов тектонической и сейсмической активности». Блок проекта «Динамика и механизмы изменения рельефа в кайнозое, активная тектоника и сейсмичность горных областей южной Сибири: термохронологическое, сейсмотомографическое и физико-математическое моделирование» (Руководитель проекта – д.г.-м.н. Буслов М.М.; руководитель блока – к.г.-м.н. Дядьков П.А.).

На основе анализа сейсмического режима и механизмов очагов землетрясений получены количественные характеристики пространственного распределения сейсмической активности A_{10} и сейсмотектонических деформаций на основных активных разломах горных систем южной Сибири. Для этих разломных зон определен преобладающий тип сейсмо-тектонического деформирования. Построены карты распределения сейсмической активности A_{10} и сейсмотектонических деформаций для горных областей южной Сибири по данным за 1965-2016 гг.

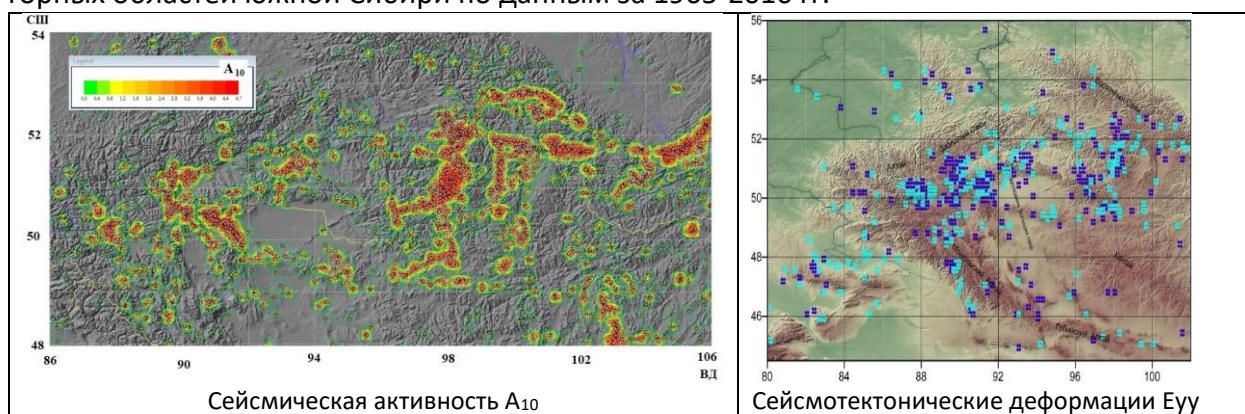


Рисунок 1 - Сейсмическая активность A_{10} для Алтае-Саянской складчатой области, рассчитанная по данным региональных каталогов землетрясений за 1965-2016 гг. (слева) и сейсмотектонические деформации по меридиональной компоненте E_{yy} (голубые цвета – удлинение, темно-синие – укорочение) (справа)

Публикация

Дядьков П.Г., Цибизов Л.В., Козлова М.П., Романенко Ю.М. Методические подходы к определению состояния сейсмогенной среды на примере активизации 2008-2011 гг. в центральной части Байкальского рифта // Геофизические технологии, 2018, т. 1, № 3.

II.1.35.1 «Геофизический блок в проекте «Современные методы измерений смещений, деформаций и силы тяжести для геофизических исследований». Блок проекта «Современные методы измерений смещений, деформаций и силы тяжести для геофизических исследований» (Руководитель проекта – д.ф.-м.н. Тимофеев В.Ю.; руководитель блока д.ф.-м.н. Тимофеев В.Ю.)

Анализ данных, полученных по постоянной станции космической геодезии КЛЮЧИ-NVSK, показал, что плитная скорость смещения пункта по материалам 2000-2016 гг. составила 1.2 ± 0.0 мм/год на юг и 26.3 ± 0.0 мм/год на восток, что соответствует модели вращения Евразии с координатами полюса Эйлера 54.2°N , 259.3°E и скоростью вращения 0.251 градус/млн лет.

Для определения поправок в высокоточные геофизические измерения за приливные деформации Земли и за замедление вращения Земли проведены специальные исследования. В Таблице 1 показана величина векового замедления Земли, определённая разными методами. Энергетические оценки рассматривались при линейных изменениях скорости вращения (скорость около 2 миллисекунд в столетие) и в этой области получено хорошее соответствие экспериментальным результатам. В последние годы подробно анализируются вариации на периодах от года до столетия. Было выяснено, что годовые

вариации до 2 миллисекунд связаны изменениями момента инерции Земли, вызванные с сезонными перемещениями в атмосфере. Также рассматриваются вопросы о связи вариаций скорости вращения Земли и эффекта глобального подъёма мирового океана в последнее столетие, таянием ледников и глобального потепления, эффектами диссипации в глубинах Земли и на границе жидкого ядра и мантии Земли, изменениями момента инерции Земли при появлении крупных течений в океанах (явление Эль-Нинье, 1982 год) и при катастрофических землетрясениях (например, Саматра, 2004 год).

Таблица 1 – Замедление вращения

Длина дня LOD = $2\pi/\omega = 86164$ секунды
Скорость вращения $\omega = \omega_0 + \gamma \cdot t$, $\omega_0 = 7,292 \cdot 10^{-5}$ радиан/секунда
Вековое замедление $\gamma = d\omega/dt = -4.8 \cdot 10^{-22}$ радиан/секунда ²
$d\omega/\omega_0 = -6.58 \cdot 10^{-18}$ секунда ⁻¹ dt
Если dt = 100 лет = $3.2 \cdot 10^9$ секунд: $d\omega \cong -2.1 \cdot 10^{-8}\omega$
(LOD)/LOD = $-d\omega/\omega = 2.1 \cdot 10^{-8}$ поэтому d(LOD) = 1.81 миллисекунд в столетие
Замедление в долготе после m дней: $d\lambda = \frac{1}{2} \cdot (d\omega/\omega) \cdot m^2$ радиан
Для 2000 лет = 730500 дней
$d\lambda = 0.951$ радиан $\cong 54^\circ \cong 3.6$ часа
GEM – T ₂ замедление составит $\gamma = -4.8 \pm 0.32 \cdot 10^{-22}$ радиан/секунда ²
Записи затмений до 1620 года d(LOD) = 2.4 миллисекунд в столетие

Таблица 2

Параметр-эпоха	Поздний протерозой	Современные
Солнечных дней/лунный месяц	30.5 ± 0.5	29.53
Лунные месяцы/год	13.1 ± 0.1	12.37
Солнечных дней/год	400 ± 7	365.24
Длина солнечного дня (часы)	21.9 ± 0.4	24.00
Расстояние Земля-Луна (R _E)	58.28 ± 0.30	60.27
Скорость убегания Луны (см/год)	1.95 ± 0.29	3.7 ± 0.2

II.1.40.2 «Геохимические исследования». Блок в проекте «Микроорганизмы глубинной биосферы озера Байкал и их роль в генерации углеводов» (Руководитель проекта – д.б.н. Земская Т.И.; руководитель блока д.г.-м.н. Москвин В.И.)

II.1.44.1 «Томографические исследования вулканов». Блок в проекте «Изучение зон субдукции и связанного с ними вулканизма методами геофизики, петрологии и математического моделирования» (Руководитель проекта чл.-кор. РАН Кулаков И.Ю.; руководитель блока чл.-кор. РАН Кулаков И.Ю.)

В 2018 году впервые разработан алгоритм, позволяющий надежно выявлять временные вариации сейсмических скоростей в коре на базе метода пассивной томографии, который был применен для изучения источников активизации вулкана Спурр на Аляске. Разработан сценарий развития извержения с учетом данных томографии и петрологии.

Роль воды при реализации крупных взрывных извержений была оценена посредством петрологических анализов на примере вулкана Меньшой Брат на о. Итуруп.

1. Koulakov I., S.Z. Smirnov, V. Gladkov, E. Kasatkina, M. West, S. El Khrepy, N. Al-Arifi, (2018) Causes of volcanic unrest at Mt. Spurr in 2004-2005 inferred from repeated tomography, Scientific Reports, DOI : 10.1038/s41598-018-35453-w. (Nature Group, Q1, IF 4.122).

2. Низаметдинов И.Р., Кузьмин Д.В., Смирнов С.З., Рыбин А.В, Кулаков И.Ю. Вода в родоначальных базальтовых магмах вулкана Меньший Брат (о. Итуруп, Курильские острова).

II.1.51.2 «Геологические, геодинамические и геохимические обстановки формирования различных типов термальных источников с бактериальными сообществами». Блок в проекте «Исследование биогеотехнологических процессов, ассоциированных с экстремофильными микроорганизмами: биоразнообразие, биогеотехнологический потенциал» (Руководитель проекта д.г.-м.н. Жмодик С.М., руководитель блока академик РАН Добрецов Н.Л.)

Совместно, сотрудниками ИГМ СО РАН, ИНГГ СО РАН, ИЦИГ СО РАН, ИК СО РАН, ИХБФМ СО РАН ранее были проведены работы на термальных источниках, озерах и котлах в кальдере Узон (Камчатка) с отбором проб для комплексных геохимических, микробиологических, физико-химических исследований.

1. Микробные сообщества Нефтяной площадки развиваются в условиях высоких (до 97°C) температур, значительного колебания Eh-pH и высокого содержания в растворе и твёрдом веществе сульфидов, мышьяка, сурьмы и ртути. В качественном составе микробных сообществ преобладали бактерии, составляя до 98,5% от всех идентифицированных последовательностей.

Подробный анализ микробного состава исследуемых сообществ показал, что в них присутствуют микроорганизмы, обладающие способностью не только выживать в экстремальных условиях окружающей среды, но и обладающие способностью метаболизировать углеводороды. Установлена статистически значимая зависимость между геохимическими параметрами исследованных экосистем и таксономическим составом микробных сообществ. Показано, что совокупность геохимических параметров является значимым фактором, определяющим структуру и метаболический потенциал исследованных микробных сообществ.

2. Изучена колонка донных отложений IV озера оз. Фумарольное, которая очень разнообразна по составу. Средняя скорость накопления осадков, равная 0,2 мм/год, определена по неравновесному ^{210}Pb . Выделяются три основных группы слоёв. Вещественный состав слоёв отражает историю формирования данного участка кальдеры Узон.

Научная и практическая значимость результатов НИР. Впервые показана статистически значимая зависимость между геохимическими параметрами исследованных экосистем (нефтяная площадка кальдеры Узон) и таксономическим составом микробных сообществ. Показано, что совокупность геохимических параметров является значимым фактором, определяющим структуру и метаболический потенциал исследованных микробных сообществ. 2. Установлено, что в верхних горизонтах осадков озера Фумарольное (кальдера Узон), сформировавшихся в течение 2 тыс. лет, существует период (около 500 лет назад), в течение которого происходило массовое появление диатомовых водорослей и отложение слоёв биогенного фрамбоидального пирита и отложение сульфидов мышьяка и сурьмы, что связано с резким изменением геохимических и физико-химических параметров среды осадконакопления после извержения, фиксируемого слоем пироклаستي.

1. Добрецов Н.Л. Толбачик – геохимический феномен // Наука из первых рук. – 2018. - № 2-3 (78). – С. 1-3.

2. Peltek S., Bryanskaya A., Uvarova Y., Rozanov A., Ivanisenko T., Ivanisenko V., Lazareva E., Saik O., Efimov V., Zhmodik S., Taran O., Slynko N., Shekhovtsov S., Parmon V., Dobretsov N., Kolchanov N. Young «oil site» of the Uzon Caldera as a habitat for unique microbial life // FEMS Microbiology Ecology. 2019 (in press).

3. Kirichenko I., Dobretsov N., Zhmodik S., Lazareva E., Belyanin D. Geochemical indicators of paleo-seismicity based on the data of study of Fumarolnoe lake bottom sediments (Kamchatka, Uzon) // Water-Rock Interaction – 2019, Tomsk (in press).

4. Dobretsov N., Vasilevskiy A. Mesozoic-Cenozoic structures in gravity field and modified relief (as exemplified by Kamchatka, Baikal region, and N-E USA). // 10-ое международное совещание по процессам в зонах субдукции Японской, Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг (JKASP-2018) «Вулканизм и сейсмичность в зоне субдукции». Петропавловск-Камчатский, 20-26 августа 2018 г. - Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН. - 2018.

II.1.59.3 «Дисперсия электрофизических свойств уникальной баженовской свиты по данным скважинной геоэлектрики». Блок в проекте «Идентификация математических моделей акустики, электродинамики и теории упругости» (Руководитель проекта чл.-кор. Кабанихин С.И.; руководитель блока д.ф.-м.н. Глинских В.Н.)

Разработаны теоретические основы диэлектрического электромагнитного зондирования залежей углеводородов с трудноизвлекаемыми запасами. Создано программно-алгоритмическое обеспечение нового метода диэлектрической спектроскопии для достоверной оценки типа насыщения пород-коллекторов и изучения глинистых сланцев.

Разработанная теоретическая база и анализ результатов численного моделирования позволили обосновать оптимальную конфигурацию новой электромагнитной зондирующей системы, предназначенной для изучения электрофизических свойств залежей углеводородов с трудноизвлекаемыми запасами.

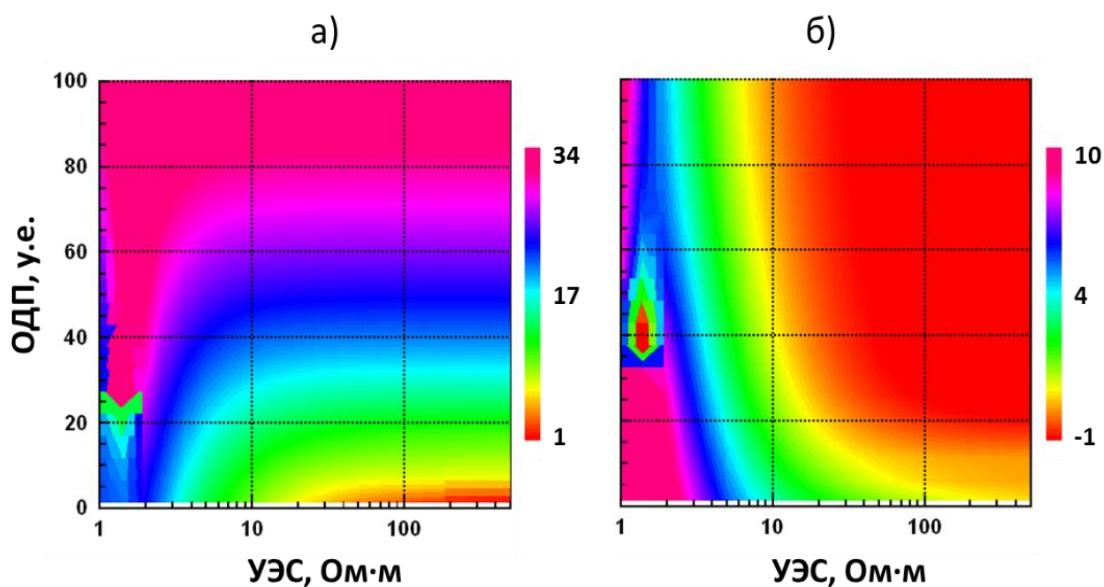


Рисунок 1- Разность фаз (а) и затухание амплитуд (б) в зависимости от УЭС и ОДП пласта. Зонд 0.5 м, частота 100 МГц

Разное поведение разности фаз и затухание амплитуд обеспечивает повышенное пространственное разрешение диэлектрического зонда.

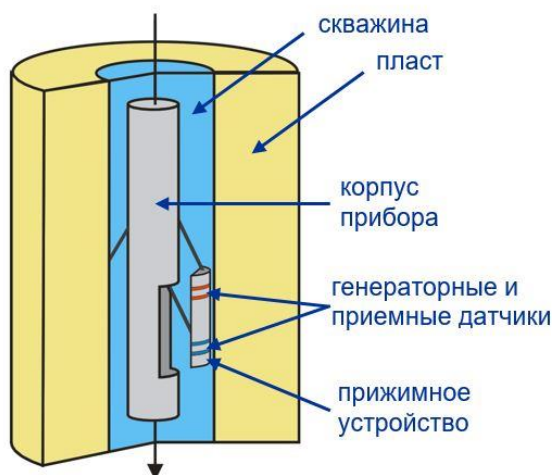


Рисунок 2 – Модель среды и диэлектрического прибора
Рабочие частоты: 20 – 500 МГц. Длины зондов: 0.2 – 0.8 м

Публикация

Эпов М.И., Никитенко М.Н., Глинских В.Н. Теоретико-алгоритмическая база и компьютерное моделирование данных диэлектрического каротажа для изучения частотного спектра электрофизических параметров геологической среды. // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии, 2018, т. 16, № 4, с. 53-63.

II.1.61.1 «Комплексные геофизические исследования малоглубинными методами с использованием современного высокомобильного измерительного оборудования». Блок в проекте «Интегральная характеристика криолитозоны по данным дистанционного зондирования, геолого-геофизических, геоботанических и почвенных исследований, проводимых на базе НИС о. Самойловский (Руководитель проекта д.т.н. Ельцов И.Н.; руководитель блока д.т.н. Ельцов И.Н.)

Цель: Разработка методических рекомендаций по проведению комплексных геофизических исследований в зоне распространения многолетнемерзлых пород.

В 2018 г. было проведено повторное изучение границы рыхлых многолетнемерзлых пород и мерзлого скального основания. Предыдущее исследование выполнялось в 2014 г. и позволило предположить угол падения коренных пород под мерзлой рыхлой толщей.

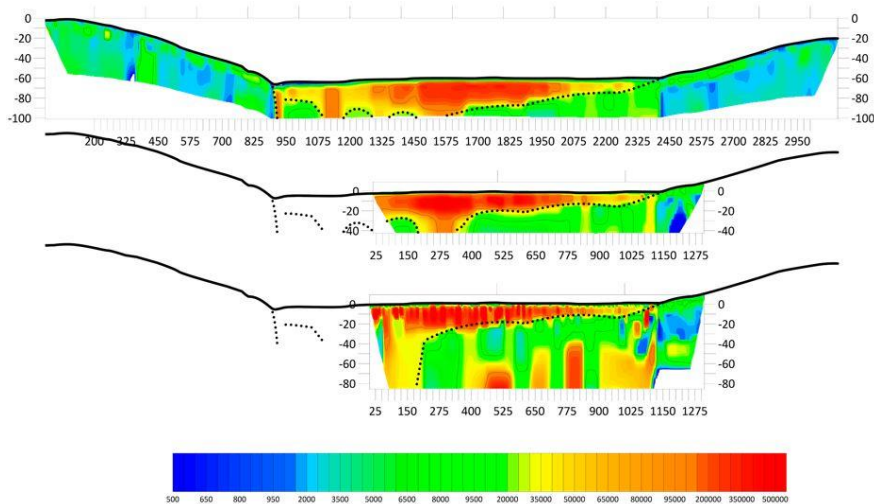


Рисунок 1 - Повторение профиля электротомографии, построенного в 2014 г. Увеличение глубины зондирования в 2 раза – с 40 метров до 80. Картирование границы коренных пород под слоем рыхлых многолетнемерзлых отложений

Результаты:

1. Измерения этого года показали хорошую повторяемость результата – восстановленная граница, практически полностью повторяет границы по данным 2014 г.
2. Более надежно определен рельеф коренных пород между г. Америка-Хая и г. Орто-Хая, вследствие увеличения глубинности исследования.

Публикация

В.В. Оленченко, Л.В. Цибизов, А.А. Картозия, Е.И. Есин. Электротомография чаши дренированного термокарстового озера на о. Курунгнах в дельте р. Лены // Проблемы Арктики и Антарктики, в печати.

II.1.61.5 «Строение и история развития фанерозойских осадочных бассейнов низовьев р. Лены». Блок в проекте «Интегральная характеристика криолитозоны по данным дистанционного зондирования, геолого-геофизических, геоботанических и почвенных исследований, проводимых на базе НИС о. Самойловский» (Руководитель проекта д.т.н. Ельцов И.Н.; руководитель блока д.г.-м.н. Сенников Н.В.)

Было описано 5 новых палеозойских разрезов (карбон), 2 мезозойских разреза (юра и мел), 4 новых кайнозойских разреза (палеоген, неоген, квартал).

Были собраны новые коллекции палеонтологических и палеофлористических остатков: кораллов, остракод, двустворок, аммоидей, белемнитов, криноидей, отпечатки листьев и плодов и шишки растений, а также отобраны образцы для дальнейшей лабораторной химической обработке с целью получения остатков конодонтов, радиолярий, остракод, фораминифер, палинологических остатков.

В разрезе о. Сардах были изучены неогеновые отложения. Обнаружены отпечатки листовой флоры деревьев широколиственных листопадных пород. Совместно с сотрудниками Ботанического сада СО РАН было проведено их предварительное определение, установившее присутствие остатков *Alnus* sp. (Ольха), *Salix* sp. (Ива), *Fagus* sp. (Бук), *Platanus* sp. (Платан), *Magnolia* sp. (Магнолия), а также шишек *Picea obovata* (Ель). Уникальная находка позволяет реконструировать на данной территории теплый влажный климат, характерный для раннего-среднего миоцена вовремя так называемого теплого миоценового оптимума (20-21 млн. лет). Возраст нижней части сардахской свиты оказался древнее ранее предполагаемого плиоценового (2,5-5 млн. лет).

Также на о. Сардах изучено строение I и III надпойменных террас р. Лена, имеющих спорный генезис. На правом берегу Быковской протоки близ залива Булункан были исследованы выходы аргиллитов, алевролитов, песков с углистыми прослоями эоценового возраста. В углях обнаружены крупные включения янтаря, свидетельствующие о болотистых ландшафтах и хвойном типе растительности.

Род *Magnolia*. Известным в мире самым древним фоссилизированным экземплярам *Magnolia acuminata* около 20 млн лет, а другим обнаруженным растениям, несомненно принадлежащим к семейству магнолиевых, — около 95 млн лет. На территории России обнаружены следующие ископаемые виды: *Magnolia capellinii* Heer и *Magnolia regalis* Heer — найдены в меловых отложениях Сахалина; *Magnolia ingfieldii* Heer — в нижнетретичных или верхнемеловых отложениях бассейна Оби и в Приуралье; *Magnolia nordenskioldii* Heer(?) — в нижнетретичных отложениях Сахалина; *Magnolia diana* Unger и *Magnolia primigenia* Unger — в олигоценых отложениях в бассейне Волги и Дона; *Magnolia raivlensis* Krassn — в палеоценовых отложениях нижнего Дона.

В районе начала дельты р. Лены, в разрезе на о. Столб сотрудниками ИНГГ СО РАН (в т.ч. исполнителями по настоящему блоку проекта – Н.Г. Изох, Т.В. Гонга) ранее было установлено проявление глобального черносланцевого седиментационного позднедевонского события Верхний Келльвассер (Upper Kellwasser Event) (Языков и др., 2013). С этим седиментационным событием связано одно из крупнейших биотических событий глобального вымирания в истории земной биоты. Попытка прослеживания следов этого аноксического события пограничного интервала франа и фамена в других разрезах девона в континентальном обрамлении моря Лаптевых привела исполнителей работ по настоящему проекту к анализу литологических и палеонтологических материалов по феномену внезапного появления черносланцевой седиментации в разрезе на полуострове Юрюнг-Тумус, где карбонатные отложения содержащие прослои высокоуглеродистых пород сопоставлялись с верхним девонем. В результате проведенных исследований было установлено, что на побережье Хатангского залива черносланцевое седиментационное событие имеет более древнее (среднедевонское) возрастное положение, чем отмеченное выше позднедевонское событие Келльвассер. По конодонтам, брахиоподам, аммоноидеям, наутилоидеям, бактрироидеям и гастроподам аноксическое событие с черносланцевым проявлением в разрезе на п/о Юрюнг-Тумус датируется поздним эйфелем, в связи с чем оно является маркером другого глобального девонского события – Качакского (Kačak Event), сведений по литологическому проявлению которого ранее на территории Сибири известно не было.

II.1.66.3 «Исследование природно-геологических факторов потенциал развития сибирских регионов ресурсного типа с экстремальными природно-климатическими условиями». Блок в проекте «Подходы к разработке стратегий и программ социально-экономического развития сибирских регионов ресурсного типа с экстремальными природно-климатическими условиями» (Руководитель проекта чл.-кор РАН Суслов В.И; руководитель блока – д.э.н. Эдер Л.В.)

В соответствии с поставленной целью были осуществлены следующие задачи: 1) исследование российских ресурсных регионов в части типологии и готовность к комплексному освоению недр; 2) обоснование влияния ресурсности на социально-экономические показатели арктических регионов Сибири; 3) определение особенностей инновационного развития территорий с экстремальными природно-климатическими условиями.

Установлено, что для арктических ресурсных регионов с экстремальными природно-климатическими условиями наблюдаются высокие показатели социально-экономического развития, особенно инвестиций на душу населения. Большинство анклавных регионов, специализация которых сосредоточена главным образом в ресурсодобывающих отраслях Арктики, имеют социально-экономические показатели выше среднего для России. Это можно объяснить низким уровнем населения и высокими доходами из-за социальной политики России по увеличению доходов населения в районах Крайнего Севера и приравненных к ним. Также эти регионы нередко специализируются главным образом на добыче углеводородов – промышленности, требующей высокого уровня инвестиций. Следовательно, высокие показатели развития можно объяснить спецификой отрасли и социальной политики, а не комплексным экономическим развитием. В то же время большинство ресурсных регионов России обладают низкими показателями уровня инновационного развития, что на современном этапе развития мировой экономики становится важнейшим фактором развития страны.

На основе использования панельных данных показано, что для ресурсных регионов России, прежде всего Арктической зоны, существует прямая зависимость между

ресурсными факторами и социально-экономическими показателями. Между тем ресурсные регионы, особенно Арктическая зона, существенно отстают в плане инновационного развития, определяющего устойчивость развития региона.

II.1.67.3 «Блок ИНГГ СО РАН в проекте «Мембранно-сорбционный метод с использованием микросфер для разделения компонентов и осушки природного газа месторождений Восточной Сибири». Блок в проекте «Мембранно-сорбционный метод с использованием микросфер для разделения компонентов и осушки природного газа месторождений Восточной Сибири» (Руководитель проект д.т.н. Лебига В.А.; руководитель блока д.г.-м.н. Бурштейн Л.М.)

Предложена и апробирована методика вероятностной оценка величины и структуры (распределение концентрациям гелия свободном газе, скоплениям различной крупности, зонам локализации) ресурсов гелия и гелийсодержащих газов. На основе обобщения имеющейся геологической информации о строении осадочного чехла, информации о выявленных скоплениях гелийсодержащих газов впервые дана вероятностная оценка величины и структуры их ресурсов и ресурсов гелия для центральных и южных районов Лено-Тунгусской провинции. Результаты прогноза послужат надежной базой для геолого-экономической оценки ресурсов гелиевого сырья, перспективного планирования освоения газовых месторождений Восточной Сибири и Республики Саха и создания там крупной гелиевой промышленности.

Публикации

1. Kontorovich A.E., Eder L.V., Filimonova I.V., Nikitenko S.M. Key Problems in the Development of the Power of Siberia Project // Regional Research of Russia. – 2018. – Т. 8. – № 1. – С. 92-100

2. Конторович А.Э., Бурштейн Л.М., Моисеев С.А., Бобкова Е.В., Ярославцева Е.С. Вероятностная оценка перспективных ресурсов гелия центральных и южных районов Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции (в печати)

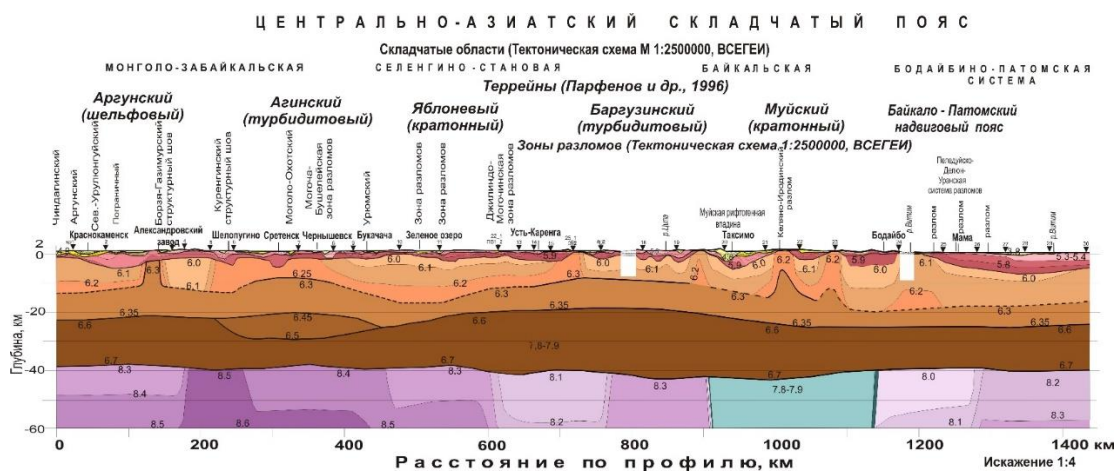
II.1.71.1 «Двух и трехмерная сейсмоплотностная структура земной коры по данным ГСЗ и гравиметрии». Блок в проекте «Сейсмичность, глубина очагов землетрясений, сейсмоплотностная структура и трехмерное напряженно-деформированное состояние земной коры на востоке Байкальской рифтовой зоны» (Руководитель проекта - Суворов В.Д., д.г.-м.н., Руководители блока – д.г.-м.н. Суворов В.Д.; к.г.-м.н. Мельник Е.А.)

Установлено, что сейсмическая структура земной коры в Забайкалье представлена трехслойной моделью:

- 1) наиболее неоднородный верхний структурный этаж мощностью 10-20 км;
- 2) промежуточный, мощностью 6-10 км с изменяющейся глубиной залегания кровли от 10 до 20-25 км;
- 3) нижний с переменной мощностью 10-20 км.

Пологое Мохо залегает на глубине 39-42 км. Скорость под ним в блоковой структуре изменяется в интервале 8.0-8.3 км/с, понижаясь до 7.8-7.9 км/с под рифтовой зоной и с аномальным повышением до 8.5 км/с в зоне сочленения Аргунского и Агинского террейнов.

Изменения скорости и мощности в верхнем слое уверенно коррелируются с региональной тектоникой и результатами террейнового анализа (Парфенов и др., 1996).



II.1.72.1 «Разработать балансовую и кинетическую модели превращений керогена баженовской свиты в катагенезе, позволяющие описать состав новообразующихся флюидных продуктов и подвергающегося графитизации керогена, а также объяснить природу порового пространства высокоуглеродистых кероген-глинисто-карбонатно-кремнистых пород (баженитов)». Блок в проекте «Разработать (геологические, математические и физические) модели флюидонасыщенного упруго-пластичного трещиновато-порового коллектора в высокоуглеродистых кероген-глинисто-карбонатно-кремнистых породах (микститах типа баженитов и доманикитов)» (Руководитель проекта академик РАН Конторович А.Э.; руководители блока д.г.-м.н. Бурштейн Л.М., д.г.-м.н. Лившиц В.Р.)

Построена модель, которая позволяет оценить историю генерации в баженовской свите метана, углеводородов C₂₊, гетероциклических соединений нефти (смолы, асфальтены), углекислого газа, воды, сероводорода, аммиака на всех этапах катагенеза. Описание химической эволюции аквагенного керогена дано в виде двухстадийной (учитывается вторичный крекинг нафтидов) полихронной кинетической модели. Учитывая множество конечных продуктов катагенеза керогена, такую модель можно условно назвать мультикомпонентной. Принципиально новым является требование к модели, что ее результаты в части эволюции состава керогена на ранних стадиях катагенеза, а также в части количества и динамики новообразования продуктов деструкции керогена не должно противоречить результатам балансовых оценок.

С помощью построенной модели преобразования аквагенного РОВ были рассчитаны количества новообразованных продуктов по этапам катагенеза в зависимости от содержаний углерода.

Публикация

1. Конторович А. Э., Родякин С. В., Бурштейн Л. М., Костырева В. А., Рыжкова С. В., Ян П. А. Пористость и нефтенасыщенность порового пространства пород баженовской свиты // Геология нефти и газа. – 2018. - №5. С. 27-35.

ПРОЕКТЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРЕЗИДИУМА РАН

Программа «Арктика – научные основы новых технологий освоения, сохранения и развития» (Координатор академик РАН Ханчук А.И.)

Проект «Разработка программно-алгоритмического обеспечения для технологии беспилотной геомагнитной томографии в условиях криолитозоны» (Руководитель проекта – академик РАН М.И. Эпов)

Для созданного в ИНГГ СО РАН аэромагнитного комплекса выполнена разработка программно-алгоритмического обеспечения решения прямой и обратной задач магниторазведки в постановке разновысотной съемки трехмерных объектов. Выполнено масштабное численное моделирование для типичных геологических моделей и оценен характер зависимости сигнала на измерителе от изменения их параметров. На основе проведенных тестов и апробации программного пакета можно сделать следующие выводы по его развитию и практическому использованию. Результатами внутреннего и внешнего тестирования обеспечивается высокая точность решения прямой трехмерной задачи магниторазведки. Для сокращения времени расчетов используются смешанные условия Неймана и Дирихле, что позволяет значительно ускорить время с использованием гетерогенных CPU/GPU вычислений. При решениях прямой и обратной задач учитывается сложный рельеф и заданный маршрут полета с огибанием рельефа. Показано, что численная инверсия разновысотных магнитных данных успешно выполняется как для классических «примитивных» моделей геологических тел, а также в моделях с пространственным распределением параметров. Использование разновысотных данных значительно улучшает получаемые результаты.

Таким образом, разработан и программно-реализован алгоритм трехмерной прямой задачи магнитостатики с использованием технологии NVIDIA CUDA. Проведен сравнительный анализ расчетных результатов с известными аналитическими решениями. Разработан и проверен на синтетических данных комбинированный алгоритм инверсии данных беспилотной разновысотной магнитной съемки с учетом рельефа. Используется комбинированный подход: построение референтной среды методом Бройдена-Флетчера-Голдфарба-Шанно (BFGS) в условиях ограниченной памяти (L-BFGS) для ограниченного числа модельных параметров (от полупространства до нескольких блоков в зависимости от априорной информации) и последующее применение псевдообращения на основе SVD-разложения матрицы чувствительности. Реализация проведена в среде Fortran90 с использованием вычислений на графических процессорах.

Публикации

1. Косых В.П., Громилин Г.И., Фирсов А.П., Савлук А.В. Об ошибках оценивания параметров локальных магнитных аномалий по данным разновысотной магнитной съемки с помощью БПЛА // Автометрия. – 2018. – Т. 54. – № 4. – С. 11-17
2. М.А. Максимов, И.В. Суродина, В.Н. Глинских «Геомагнитная томография данных разновысотных измерений с бпла на примере синтетических моделей с учетом рельефа». Геофизические технологии. – 2018. - №2. – 14 с.
3. Максимов М.А., Суродина И.В., Глинских В.Н. Разработка программно-алгоритмического обеспечения для технологии геомагнитной томографии с использованием данных беспилотной разновысотной магниторазведки // Науки о Земле. Современное состояние: Материалы V Всероссийской молодежной научно-практической школы-конференции (Геологический полигон "Шира", Республика Хакасия, Россия, 30 июля - 5 августа 2018 г.). – 2018. – С. 51-53
4. Максимов М.А., Суродина И.В., Глинских В.Н. Разработка программно-алгоритмической базы для технологии геомагнитной томографии с использованием данных беспилотной разновысотной магниторазведки // Интерэкспо ГЕО-Сибирь: XIV Международный научный конгресс (г. Новосибирск, 23-27 апреля 2018 г.): Междунар. науч. конф. "Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и

разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология": Сборник материалов в 6 т. – 2018. – Т. 3. – С. 241-247

Проект «Построение сейсмогеологических моделей осадочных комплексов, выявление нефтегазоперспективных зон и объектов и количественная оценка ресурсов углеводородов акватории Карского моря (Южно-Карская нефтегазоносная область, Северо-Карская перспективная нефтегазоносная провинция)» (Руководитель проекта – чл.-кор. РАН В.А. Конторович)

В результате проведенных исследований, выполненных с использованием сейсмических материалов, данных бурения и сведений по островам рассмотрены модели геологического строения и оценены перспективы нефтегазоносности осадочных комплексов на шельфе Карского моря. Сделан вывод о том, что в пределах акватории выделяется два самостоятельных бассейна, разделенных Северо-Сибирским порогом. Южная часть акватории Карского моря представляет собой Южно-Карскую региональную депрессию, которая является северным окончанием Западно-Сибирского осадочного бассейна. В нефтегазоносном отношении эта часть акватории выделена в составе Южно-Карской нефтегазоносной области (НГО), в пределах которой наибольший интерес в отношении газоносности представляет апт-альб-сеноманский комплекс пород, в отношении жидких углеводородов – неокомские и юрские отложения. Анализ геолого-геофизических материалов показал, что крупные газовые залежи находят отражение в волновых сейсмических полях: на массивных сеноманских залежах на временных разрезах формируются отражающие горизонты от газо-водяных контактов; апт-альбские пластовые залежи отображаются на временных разрезах резким увеличением амплитуд волновых полей – «ярким пятном».

По результатам выполненных в ИНГГ СО РАН исследований в Южно-Карской НГО выделено 35 поднятий - потенциальных ловушек для залежей УВ, и показано, что в этой части акватории развит неокомский клиноформный комплекс, с которым в Западной Сибири связано более 80% нефтяных залежей.

Северная часть Карского моря представляет собой самостоятельную Северо-Карскую перспективную нефтегазоносную провинцию (ПНГО), на большей части которой перспективы нефтегазоносности связаны с палеозойскими осадочными комплексами кембрия-перми. Северо-западная часть Карского моря представляет собой восточное окончание Баренцевоморской нефтегазоносной провинции, в которой залежи углеводородов связаны с триас-юрскими отложениями.

Проект «Разработка научных основ новых технологий обоснования внешних границ континентального шельфа Российской Арктики для освоения и развития минерально-сырьевых ресурсов» (Руководитель академик РАН Верниковский В.А.)

1. На основе анализа обширного массива авторских палеомагнитных определений по траппам архипелага Земля Франца-Иосифа (ЗФИ), вместе с результатами изучения анизотропии магнитной восприимчивости (AMS) в базальтоидах о. Гукера, установлено, что в изученном разрезе преобладают покровные фации раннего мела. Особенности магнитной текстуры пород соответствуют трапповому механизму формирования вулканической провинции ЗФИ с одновременным действием многочисленных мелких центров извержений, без следов вертикальной неоднородности, указывающей на наличие существенных временных перерывов. Близость среднего палеомагнитного полюса к меловому интервалу траектории кажущегося движения полюса Сибири подтверждает гипотезу о мезозойской сдвиговой активности внутри Евразийского континента.

2. С использованием методов геолого-тектонического, геохронологического и численного моделирования (компьютерные технологии MPI), выявлены основные этапы тектонической и термальной истории Карского орогена (Таймыр - Северная Земля), формирование которого произошло в позднем палеозое в результате коллизии Карского микроконтинента и Сибирского кратона.

3. Показано, что прототипом Енисей-Хатангского прогиба был широкий позднепалеозойский форландовый бассейн, который простирался от Южно-Таймырского домена к Тунгусской синеклизе и углублялся в сторону Таймыра. Образование Енисей-Хатангского прогиба связано с континентальным рифтогенезом на рубеже перми и триаса. Образование инверсионных структур бассейна в поздней юре – раннем мелу может быть связано с позднекиммерийскими деформациями в Верхоянском складчатом поясе. Обобщены данные по нефтегазовым залежам, месторождениям и флюидоупорам в триасовых, юрских и меловых комплексах.

Публикации

1. Абашев В.В., Метелкин Д.В., Михальцов Н.Э., Верниковский В.А., Брагин В.Ю. Палеомагнетизм траппов архипелага Земля Франца-Иосифа // Геология и геофизика. – 2018. – Т. 59. – № 9. – С. 1445-1468

2. Чернова А.И., Метелкин Д.В., Верниковский В.А., Матушкин Н.Ю. Причины мелового перемагничивания на юго-западной периферии архипелага Новосибирские острова // Доклады РАН. – 2018. – Т. 481. – № 1. – С. 61-66

3. Шемин Г.Г., Верниковский В.А., Москвин В.И., Вакуленко Л.Г., Деев Е.В., Первухина Н.В. Литолого-палеогеографические реконструкции юрского периода севера Западно-Сибирского осадочного бассейна // Геология нефти и газа. – 2018. – № 6. – С. 35–61. DOI: 10.31087/0016-7894-2018-6-35-61

4. Vernikovsky V., Shemin G., Deev E., Metelkin D., Matushkin N., Pervukhina N. Geodynamics and Oil and Gas Potential of the Yenisei-Khatanga Basin (Polar Siberia) [Электронный ресурс] // Minerals. – 2018. – Т. 8. – № 11. – С. 510-510

5. Абашев В.В., Верниковский В.А., Казанский А.Ю., Метелкин Д.В., Михальцов Н.Э., Брагин В.Ю. Особенности формирования вулканической провинции архипелага Земля Франца-Иосифа (Северный Ледовитый океан): оценка направления движения расплава по результатам изучения анизотропии магнитной восприимчивости // ДАН. – 2019. (в печати)

Программа №27 «Фундаментальные проблемы решения сложных практических задач с помощью суперкомпьютеров». (Координатор академик РАН В.Б. Бетелин)

Проект «Разработка и реализация параллельных вычислительных схем на базе некомпактного метода конечных элементов для моделирования гидроразрыва» (Руководитель академик РАН Эпов М.И.)

Расширенный метод конечных элементов (XFEM) – эффективный инструмент для решения широкого класса задач в областях с подвижными границами. Применение данного метода для моделирования разрушения твердого тела в контексте гидроразрыва позволяет выполнять моделирование прохождения сложной трехмерной траектории трещины с нелинейной границей, но и дает информацию о величине раствора трещины, что является важным показателем при исследованиях.

В рамках данного проекта разработана и реализована в виде программного комплекса модификация алгоритма распространения трехмерных трещин в твёрдом теле при условии квазихрупкого разрушения. В основе алгоритма лежит расширенный метод конечных элементов на тетраэдральных носителях и критерий максимальной энергии для

прогнозирования траектории распространения трещин, что позволяет не накладывать ограничения на форму трещин и их фронтов (допускается изгиб фронта).

Разрывный метод Галеркина (DGFEM) – неконформный конечноэлементный метод, поддерживающий h - p стратегию и являющийся одним из наиболее эффективных для решения задач гидродинамики, задач с движущимися границами и фазовыми превращениями.

В рамках данного проекта разработана и реализованы в виде программного комплекса алгоритмы решения системы уравнений Навье-Стокса в трехмерной постановке и алгоритмы вычисления эффективного тензорного коэффициента проницаемости.

Проведена серия вычислительных экспериментов для модельных задач вида: цилиндрический образец с различным образом ориентированными трещинами, заполненными флюидом с микровключениями.

Публикации

1. Shurina E. P., A. Y. Kutishcheva Parallel heterogeneous multiscale finite element method. // Высокопроизводительные вычислительные системы и технологии. 2018. № 1(8). С. 118-122.

2. Ella P. Shurina, Anastasiia Y. Kutishcheva. Numerical Determination of the Effective Elasticity Tensor of an Heterogeneous Solid. // Актуальные проблемы электронного приборостроения (АПЭП–2018) = Actual problems of electronic instrument engineering (APEIE–2018): тр. 14 междунар. науч.-техн. конф., Новосибирск, 2–6 окт. 2018 г.: в 8 т. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – Т. 1, ч. 4. – С. 294-297.

3. Ella P. Shurina, Natalia B. Itkina, Svetlana A. Trofimova. Multilevel Method Modifications for Discrete Analogues of Mixed Variational Formulations of the Filtration Problem. //Актуальные проблемы электронного приборостроения (АПЭП–2018) = Actual problems of electronic instrument engineering (APEIE–2018): тр. 14 междунар. науч.-техн. конф., Новосибирск, 2–6 окт. 2018 г.: в 8 т. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – Т. 1, ч. 4. – С. 287-293.

4. Э. П. Шурина, С. А. Трофимова, Н. Б. Иткина. Построение многоуровневых решателей для дискретного аналога задачи Дарси // Тезисы Междунар. конф. "Вычислительная математика и математическая геофизика", посвященной 90-летию со дня рождения акад. А. С. Алексеева, Новосибирск, 8–12 окт. 2018 г. Новосибирск: Академиздат, 2018. С. 67.