ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ПРОГРАММЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Северо-Карского осадочного бассейна

Северная часть Карского моря представляет собой самостоятельную Северо-Карскую перспективную провинцию, на большей части которой перспективы нефтегазоносности связаны с палеозойскими комплексами кембрия-перми. В этом бассейне выделяются крупные положительные и отрицательные структуры – зоны нефтегазонакопления и нефтегазообразования. Нефтегазоперспективные объекты могут быть представлены антиклинальными и сложнопостроенными структурно-тектоническими, структурно-стратиграфическими, структурно-литологическими, тектонически-экранированными и т.д. ловушками. Северо-западная часть шельфа Карского моря является продолжением Баренцевоморской провинции, в которой залежи нефти и газа могут быть сконцентрированы в отложениях триаса и юры.

Авторы: Конторович В.А., Аюнова Д.В., Ибрагимова С.М., Калинин А.Ю., Калинина Л.М., Соловьев М.В.

Публикации:

Конторович В.А., Аюнова Д.В., Ибрагимова С.М., Калинин А.Ю., Калинина Л.М., Соловьев М.В. Модели геологического строения, сейсмостратиграфия и тектоника осадочных бассейнов Карского моря // Бурение и нефть. – 2023. – № 12. – С.22-34. IF 0,223

Конторович В.А., Аюнова Д.В., Ибрагимова С.М., Калинин А.Ю., Калинина Л.М., Соловьев М.В. Модель геологического строения и перспективы нефтегазоносности Северо-Карского осадочного бассейна // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2023. – № 12. IF 0,570:

2. Эволюция состава стабильных изотопов Н, О и С в водах нефтегазоносных отложений северных районов Западной Сибири

Полученные значения δD и $\delta^{18}O$ охватывают интервалы от -120 до -50 ‰ и от -17 до -2 ‰, соответственно. Такой разнообразный изотопный состав вод указывает на отсутствие унифицированного механизма их накопления преобразования в ходе геологической эволюции Западно-Сибирского осадочного бассейна. Главной чертой большинства изученных вод является выраженные значения изотопных кислородных сдвигов относительно GMWL, в целом нарастающие с увеличением возраста водовмещающих отложений и достигающие 9 ‰, что указывает на их древнее седиментационное происхождение. Диапазоны вариации изотопного состава DIC (от -51,8 до +21,8 ‰) и его содержания в водах (от 0,17 до 38,6 ммоль/дм³) указывают на широкий спектр условий и процессов, участвующих в преобразовании водорастворенной углекислоты.

Авторы: Новиков Д.А., Пырьев А.Н., Максимова А.А., Дульцев Ф.Ф., Черных А.В., Хвощевская А.А., Наливайко Н.Г., Гостева И.А.

Публикации:

Novikov D.A., Khvashchevskaya A.A., Pyriaev A.N., Nalivaiko N.G., Gosteva I.A., Chernykh A.V., Maksimova A.A., Ryzhkova S.V., Pavlova S.A. Integrated Isotope-Geochemical and Microbiological Studies of Groundwaters in Oilfields (the Southern Part of the West Siberian Basin) // Modeling Earth Systems and Environment, 2023. DOI: 10.1007/s40808-023-01887-z, IF – 0.727.

Novikov D.A., Dultsev F.F., Borisov E.V., Chernykh A.V., Fursenko E.A. Geochemistry and origin of natural gas in the Arctic area of West Siberia // Environmental Earth Sciences, 2023, Volume 82, No 11. – PP.261. DOI: 10.1007/s12665-023-10973-5, IF – 0.599.

Новиков Д.А., Пыряев А.Н. Стабильные изотопы О, Н, С в подземных водах нефтегазоносных отложений северных районов Западно-Сибирского осадочного бассейна // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2023, № 2, с.23-32. DOI: 10.20403/2078-0575-2023-2-23-32, IF – 0.218.

3. Модель строения, высокоразрешающая стратиграфия, геохимия и литология верхней юры и нижнего мела Лаптевоморского региона

Проведенные исследования позволили усовершенствовать зональные шкалы по микрофоссилиям, обосновать стратиграфическую непрерывность разрезов в интервале нижнего и средневожского подъярусов. Выявлен реперный уровень, позволяющий увязывать приграничные толщи юры и мела Тетиса и Арктических регионов. Обсуждено магнитостратиграфическое расчленение изученного разреза и его тетических аналогов. Кривая вариаций $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ с учетом биостратиграфических данных может служить инструментом для глобальных корреляций. Для верхневожского подъяруса и бореального берриаса установлена цикличность изменений $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$. Проведенные исследования показывают, что высокие значения C_{org} с верхневожского подъяруса формировались за счет высокой биопродуктивности фитопланктона и накопления ОВ в восстановительных условиях. Вариации содержания основных породообразующих оксидов отражают изменения минералого-петрографических характеристик. Результаты изучения разрезов были увязаны с сейсмическими профилями, на которых отчетливо проявлено клиноформное строение верхней юры на левобережье Хатангского залива и резкое снижение мощностей на восток региона. Анализ сейсмических материалов позволил оконтурить разрез клиноформы западным бортом Анабаро-Хатангской седловины, обосновать новое литостратиграфическое расчленение, уточнить положение границ фациальных зон и особенности их строения. Анализ сейсмических материалов и корреляции разрезов дают основание судить об интенсивных в поздней юре тектоноседиментационных процессах, погружения ложи осадочного бассейна на северо-западе Анабаро-Хатангской седловины, в отличие от ее восточных частей, представляющих собой относительно стабильную моноклираль.

Авторы: Никитенко Б.Л., Пещевицкая Е.Б., Каширцев В.А., Фурсенко Е.А., Попов А.Ю., Хафаева С.Н., Брагин В.Ю.

Публикации:

Никитенко Б.Л., Пещевицкая Е.Б., Каширцев В.А., Фурсенко Е.А., Попов А.Ю., Хафаева С.Н., Брагин В.Ю. Микрофоссилии, высокоразрешающая стратиграфия, геохимия и литология верхней юры и нижнего мела (урдюкхайнская и паксинская свиты) п-ова Нордвик, Анабарский залив, море Лаптевых // Геология и геофизика, 2023 – том 64 – № 11 – С. 1586-1615. DOI: 10.15372/GiG2023150, IF 1.134.

Девятов В.П., Никитенко Б.Л. Стратиграфия и седиментогенез клиноформной верхней юры Анабаро-Ленского осадочного бассейна (Арктическая Сибирь, побережье моря Лаптевых) // Геология и геофизика, 2023 – том 64 – № 11 – С. 1616-1627. DOI: 10.15372/GiG2023152, IF 1.134.

4. Палеонтологическое и изотопное ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) обоснование бореально-тетической корреляции байоса–бата (средняя юра) и палеогеографических реконструкций

На основе комплексного анализа био- и хемотратиграфических данных, включая впервые полученные по северу Сибири и отчасти Центральной России, обоснована корреляция бореальных разрезов байоса–бата с международным стандартом. Охарактеризованы взаимосвязи между изменениями $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в ростах белемнитов, эвстатики, климата, тектоническими и палеогеографическими событиями. По $\delta^{18}\text{O}$ данным регистрируются кратковременные значительные повышения температуры морской воды у арктического побережья Сибири в конце раннего байоса и на рубеже байос/бат. В связи с этим и с учетом направленности изменений глобального уровня моря предположено двукратное открытие на территории Русской плиты

меридионального морского пролива (Коми), через который с юга на север поступала теплая вода, образуя теплое течение, достигавшее северосибирских акваторий.

Авторы: Дзюба О.С., Шурыгин Б.Н., Шамонин Е.С., Косенко И.Н.

Публикации:

Дзюба О.С., Шурыгин Б.Н., Изох О.П., Кузнецов А.Б., Косенко И.Н. Изотопы С, О и Sr в рострах белемнитов из байоса-бата Арктической Сибири и их значение для глобальной корреляции и палеогеографических реконструкций // Геология и геофизика – том 64 – № 11 – С. 1561-1585 – 2023 – DOI: 10.15372/GiG2023138, IF 1.134.

Шамонин Е.С., Князев В.Г., Дзюба О.С. Слои с *Catacadoceras barnstoni* и проблема разграничения среднего и верхнего подъярусов батского яруса на севере Сибири // Стратиграфия. Геол. корреляция – том 31 – № 4 – С. 61-86 – 2023 – DOI: 10.31857/S0869592X23040038, IF 1.0.

5. Повышение точности интерпретации геофизических данных для сложных моделей геологических сред с использованием искусственных нейронных сетей и численного моделирования

Конечно-элементное моделирование позволило:

- повысить точность определения параметров наклонной электрической макроанизотропии трещиноватых карбонатных коллекторов доюрского фундамента Западной Сибири

Использование искусственных нейронных сетей позволило:

- повысить разрешающую способность методов каротажа путем прямой инверсии данных в классе многопластовых моделей

- ускорить и оценить область неединственности решения обратной задачи восстановления вертикальных профилей поперечных сейсмических волн по поверхностным волнам

- повысить точность расчета времен пробега сейсмически волн в сложных моделях с петлями (Physics-Informed Neural Network)

Авторы: Эпов М.И., Глинских В.Н., Нечаев О.В., Петров А.М., Даниловский К.Н., Яблоков А.В., Дучков А.А.

Публикации:

Эпов М.И., Москаев И.А., Нечаев О.В., Глинских В.Н. // Геология и геофизика. – № 6. – С. 882-891. –2023. Doi:10.15372/GiG2022147, IF 1.13

Леоненко А.Р., Петров А.М., Даниловский К.Н. // Геология и геофизика. – № 9. – С. 1270-1278. – 2023. Doi:10.15372/GiG2023113, IF 1.13

Yablokov A., Lugovtsova Y., Serdyukov A. // Geophysics. – Vol. 88. – No. 9. – P. KS1-KS11. –2023. Doi: 10.1190/geo2022-0261.1, IF 3.26

Grubas S., Duchkov A., Loginov G. // Journal of Computational Physics. – Vol. 474. – 111789. –2023. Doi: 10.1016/j.jcp.2022.111789, IF 4.65

6. Создана модель формирования гранитов Стрелковского массива глушихинского комплекса во время тектонической перестройки Енисейского кряжа от постколлизии обстановки к активной окраине (719–702 млн лет назад)

В результате комплексного геолого-структурного, минералого-геохимического и геохронологического (U-Pb и Ar/Ar) исследования эволюции гранитоидного магматизма А-типа Енисейского кряжа в криогении предложена модель формирования Стрелковского массива гранитов глушихинского постколлизии комплекса в интервале 719–702 млн лет назад во время тектонической перестройки орогена (от постколлизии обстановки к активной окраине). Показано, что становление и остывание лейкократовых гранитов Стрелковского массива происходило на протяжении 4-х стадий, синхронно с образованием мантийных, мантийно-коровых и коровых пород татарского комплекса активной континентальной окраины. Период тектонической перестройки в эволюции орогена Енисейского кряжа в криогении характеризуется непрерывным формированием интрузивных массивов кислого состава, соответствующих окисленному А-типу гранитов, в сближенных структурах Центрально-Ангарского террейна и Татарско-Ишимбинской сутурной зоны.

Авторы: Верниковская А.Е., Верниковский В.А., Матушкин Н.Ю., Кадильников П.И., Богданов Е.А.

Публикации:

Верниковская А.Е., Верниковский В.А., Матушкин Н.Ю., Вингейт М.Т.Д., Романова И.В., Кадильников П.И., Богданов Е.А. // Доклады РАН. Науки о Земле – том 508 – № 1 – С. 58-67 – 2023. DOI: 10.1134/S1028334X22601183 (IF 0.9)

Верниковская А.Е., Верниковский В.А., Матушкин Н.Ю., Кадильников П.И., Вингейт М.Т.Д., Богданов Е.А., Травин А.В. // Геология и геофизика – том 64 – № 6 – С. 783-807 – 2023. DOI: 10.2113/RGG20224532 (IF 1.134)

7. Сейсмогравитационные неоднородности и статическое напряженное состояние земной коры Верхояно-Колымской пассивной окраины и сейсмоактивного Алдано-Станового щита

Кристаллическая часть земной коры восточной пассивной континентальной окраины Сибирского кратона находится в статическом сжимающем напряженном состоянии достигающим -200 МПа с вариациями в зависимости от мощности и глубины залегания слоев до -600 МПа в осадочной толще пород. В Алдано-Становом щите напряжения в верхах мантии и в дезинтегрированной толще верхней коры уменьшаются в районе Чульманской впадины от 0 до -100 МПа с последующим увеличением в верхней коре и на Мохо до 300 МПа. Сжимающие статические напряжения пассивной восточной окраины кратона в сравнении с контрастными изменениями сжимающих и растягивающих напряжений в Алдано-Становом щите обуславливают сейсмичность Чульманской впадины.

Авторы: Суворов В.Д., Стефанов Ю.П., Мельник Е.А., Павлов Е.В.

Публикации:

Суворов В.Д., Мельник Е.А., Павлов Е.В. Структура земной коры Алдано-Станового щита по данным МПВ и ГСЗ (южная часть профиля 3-ДВ) [Электронный ресурс] // Геодинамика и тектонофизика. – 2023/ – Т. 14, № 1. – С. 1–14. DOI: 10.5800/GT-2023-14-1-0682.

Stefanov Yu.P. Constitutive model and rock loading diagrams, nonlinearity and localization // Reviews on Advanced Materials Science – 2023. – том 5, № 3. – С. 30-38. DOI: 10.17586/2687-0568-2023-5-3-30-38.

8. Строение магматических и геотермальных источников под северной частью о. Парамушир по данным сейсмотомографии

По данным сейсмической сети, установленной на острове Парамушир, с использованием метода шумовой томографии построена трехмерная модель скорости S волн. Обнаружено, что магматический очаг, питающий активный вулкан Эбеко, расположен на глубинах от 4 до 6 км. В верхней части выявлен низкоскоростной слой, связанный с миграцией метеорных вод. Также с помощью метода сейсмической интерферометрии сделаны оценки временных вариаций скорости под вулканом Эбеко в период активных фреатических извержений. Эти результаты дают информацию о свойствах геотермальных ресурсов на о. Парамушир, что важно для обеспечения в будущем электроэнергией и теплом города Северо-Курильск.

Авторы: Кулаков И.Ю., Беловежец Н.Н., Бережнев Я.М., Смирнов С.З.

Публикации:

Belovezhets, N., Berezhnev, Y., Koulakov I., Jakovlev, A., Abramnikov, S., Smirnov S.Z. and Abkadyrov, I. (2023) Magma and hydrothermal sources below the northern part of Paramushir Island (Kuril Arc) inferred from ambient noise tomography, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 443, 107931, doi: 10.1016/j.jvolgeores.2023.107931 (Q1).

Я. М. Бережнев, Н. Н. Беловежец, И.Ю. Кулаков, А.В. Яковлев, М.С. Алажми и Е.И. Гордеев (2023), Изменения сейсмических скоростей под вулканом Эбеко (Курильские острова) в июле-августе 2021 года, Доклады РАН, Науки о Земле.

9. Отходы горнорудного производства: экологические риски и ресурсный потенциал

Хвостохранилище Талмовские Пески, вмещающее отходы барит-полиметаллических руд, может быть квалифицировано как источник металлов в подвижных биодоступных формах, и вместе с тем – как техногенное месторождение барита ($BaSO_4$) и других полезных компонентов (Au, Ag, Cu, Zn, Pb). Концентрирование металлов и металлоидов на хвостохранилищах происходит на локальных участках пониженного рельефа по ходу дренажных потоков. В результате циклических процессов растворения/осаждения вещества в застойных условиях происходит радикальное повышение кислотности и поступление элементов в растворы. Последующая миграция потоков в природный водоток приводит к формированию гидрохимических аномалий в поверхностных водах и поровых растворах реки.

Исследования хвостохранилища при помощи геофизических и геохимических методов по разработанной в ИНГГ СО РАН методике позволили выявить его строение и рассчитать объем, что в сопоставлении с данными о концентрациях $BaSO_4$, Pb, Cu, Zn, Au, Ag в них позволило впервые оценить ресурсы ценных компонентов в хранилище: 660 тыс. т. барита, 4,6 т. золота, 90 т. серебра. Определены две разновидности барита: с включением сульфидов и агрегаты, объединенные цементом вторичных минеральных фаз. Полученные результаты позволят разработать научно-обоснованные рекомендации по оптимальной технологии извлечения барита.

Авторы: Юркевич Н.В., Хусаинова А.Ш., Бортникова С.Б., Бондаренко В.П., Карин Ю.Г., Коханова С.П., Волынкин С.С., Калинин Ю.А., Гаськова О.Л.

Публикации:

Юркевич Н.В., Хусаинова А.Ш., Бортникова С.Б., Бондаренко В.П., Карин Ю.Г., Коханова С.П. Ресурсы барита, цветных и благородных металлов в хвостохранилище Талмовские Пески: минералого-геохимические и геофизические данные // *Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири*. - № 3(55). С. 105-114 – 2023.

Хусаинова А.Ш., Бортникова С.Б., Гаськова О.Л., Волынкин С.С., Калинин Ю.А. Вторичные минералы Fe, Pb, Cu в сульфидсодержащем хвостохранилище: последовательность образования,

электрохимические реакции и физико-химическая модель (Талмовские Пески, Салаир, Россия) // Russian Journal of Earth Sciences. – 2023. – 23. – № 1. – С.1-22