Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ ТЕКТОНИКИ И ГЕОФИЗИКИ им. Ю.А. Косыгина
Дальневосточного отделения Российской академии наук

Создан в 1971 г.

Адрес: 680000 Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, 65

Тел./факс (421) 222-71-89

E-mail: itig@itig.as.khb.ru

Директор – к.г.-м.н. Песков Алексей Юрьевич

Заместитель директора по научной работе – к.т.н. Пупатенко Виктор Викторович

Заместитель директора по научной и инновационной работе – к.г.-м.н. Бердников Николай Викторович

Ученый секретарь – Алексеенко Светлана Николаевна

Общая численность сотрудников 95 чел.; н. с. – 47, д. н. – 4, к. н. – 28.

В 2022 году в аспирантуре института обучалось 5 аспирантов, из них 4 – за счет средств федерального бюджета, 1 – за счет краевого гранта и 1 соискатель.

Основные научные направления:

- тектоника, глубинное строение, магматизм и эволюция литосферы континента и океана;
- геодинамика, современные движения и напряженное состояние земной коры, сейсмичность, природные катастрофы Азиатско-Тихоокеанского региона;
- осадочные бассейны восточно-азиатской окраины, ее шельфа и континентального склона: закономерности строения, условия формирования, топливно-энергетические ресурсы.

Лаборатории:

– тектоники – к.г.-м.н. А.В. Кудымов

– региональной геофизики и петрофизики – к.г.-м.н. В.Б. Каплун
– сейсмологии и сейсмотектоники – д.ф.-м.н. В.Г. Быков
– тектоники осадочных бассейнов – к.г.-м.н. Е.П. Развозжаева
– физико-химических методов исследования – к.г.-м.н. Н.В. Бердников
– отдел геоинформационных систем и прикладной геофизики – к.г.-м.н. Г.З. Гильманова

Основные научные результаты

На основе анализа распределения сейсмичности (1960-2020 гг.) и выполненных расчетов по профилям от Японско-Курило-Камчатской зоны Западно-Тихоокеанской субдукции вглубь континентальной Азии установлен перенос деформаций в виде миграции землетрясений субширотного направления (рис. 1). Скорость миграции землетрясений (M≥4.5) вдоль профилей через северную, центральную и южную части о. Сахалин на разных глубинных уровнях имеет значения от 10 до 60 км/год. По профилям, пересекающим о. Хоккайдо и о. Хонсю, миграция землетрясений (M≥4.0) проходит со скоростью 8-27 км/год, Проведенные расчеты хорошо согласуются как по величине, так и по направлению с данными о миграции землетрясений из желоба Нанкай (20-22 км/год) и от Японской дуги в Северо-Восточный Китай (20-30 км/год). (Bykov V.G., Merkulova T.V., Andreeva M.Y. // Pure and Applied Geophysics. 2022.

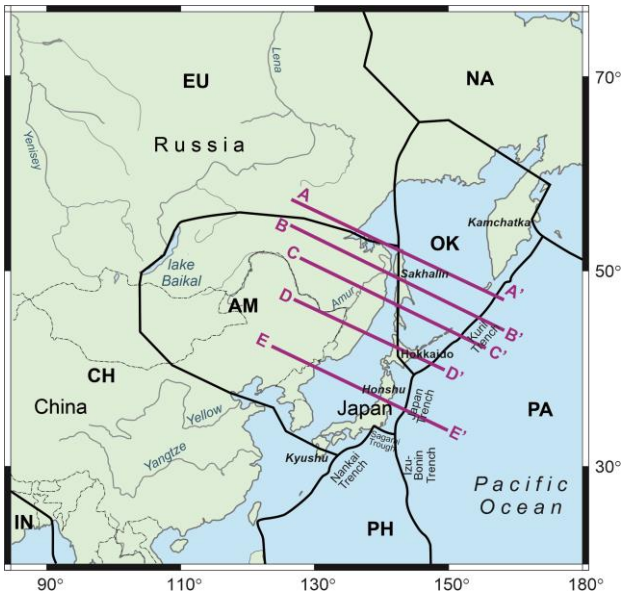

Рис. 1. Зона Западно-Тихоокеанской субдукции и расположение профилей исследования. Литосферные плиты: EU – Евразийская, NA – Североамериканская, PA – Тихоокеанская, PH – Филиппинская, AM – Амурская, OK – Охотская, IN – Индийская, CH – Китайская.

Разработана модель окислительного эпигенеза в окраинно-континентальной структуре (ОКС) юга Дальнего востока России. Оценена его продуктивность на гидрогенный уран. Согласно модели, окисление развивается в ОКС на фронте площадной эрозии. Приведены доказательства того, что все мезозойско-кайнозойские впадины ОКС были взброшены в голоцене и подвержены масштабной эрозии. Высокая скорость эрозии рыхлых осадков во впадинах препятствует развитию зон поверхностного и пластового окисления с урановым оруденением на их выклинивании. Показано, что формирование уранового оруденения, связанного с окислительным эпигенезом, возможно в ОКС в реликтовых палеодолинах, вложенных в специализированный на уран фундамент, и в зонах трещинной кислородной инфильтрации на обрамлении рифтогенов (рис. 2). (Коковкин А.А. // Региональная геология и металлогения. 2022. № 90. С. 41-57).

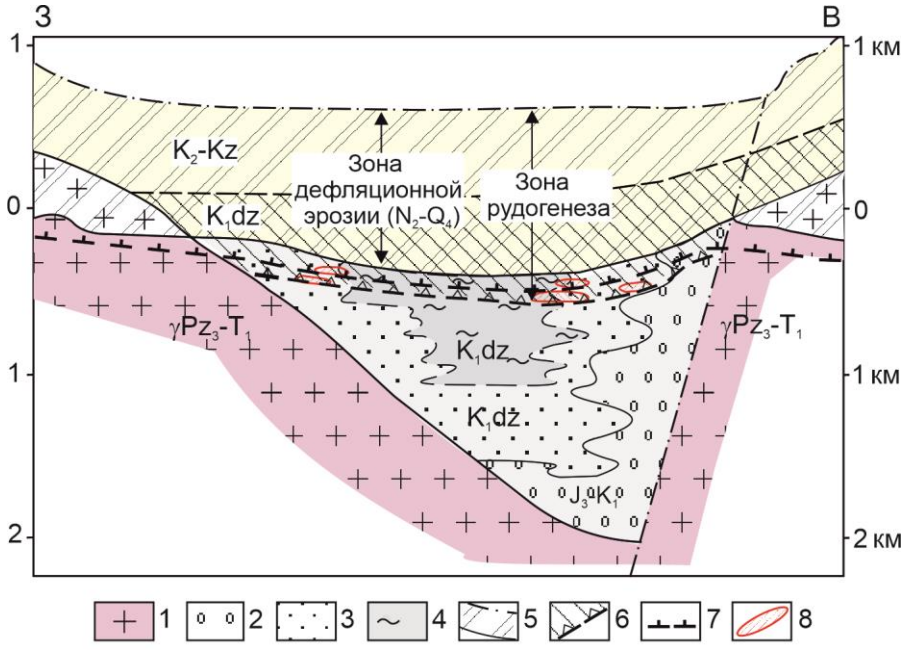

Рис. 2. Модель уранового рудогенеза в зоне поверхностного окисления на фронте площадной эрозии меловых впадин Восточной Гоби. 1 – граниты фундамента (верхний палеозой-триас); 2-4 – осадки нижнего мела (дзунбаинская свита) в современном контуре впадины: 2 – пестроцветные паттумы, 3 – песчано-гравийные отложения, 4 – глины; 5 – зона эрозии меловых-кайнозойских осадков; 6 – нижняя граница зоны поверхностного окисления; 7 – зона рудогенеза; 8 – рудные тела.

Показано, что Индо-Евразийская коллизия генерирует на территории Азиатского континента последовательности землетрясений меридионального направления, а Западно-Тихоокеанская субдукция − субширотного направления (рис. 3). Большая часть цепочек сильных событий с M≥6.5 соответствует миграции землетрясений от Тихоокеанской зоны субдукции к Евразийскому континенту и характеризуется скоростью в диапазоне 13-40 км/год. По профилю, пересекающему южную оконечность о. Хоккайдо и выходящему на территорию Приамурья, миграция землетрясений проходит со скоростью 15 и 23 км/год. На разных глубинных уровнях по профилю из Курило-Камчатского желоба через о. Сахалин, территорию Нижнего Приамурья и далее скорость миграции имеет значения от 20 до 40 км/год. Скорость миграции землетрясений по профилю п-ов Камчатка – Охотск составляет от 18 до 40 км/год (рис. 4). (Bykov V.G., Merkulova T.V. // Open Journal of Earthquake Research. 2022. V. 11. N 4. P. 73-88).

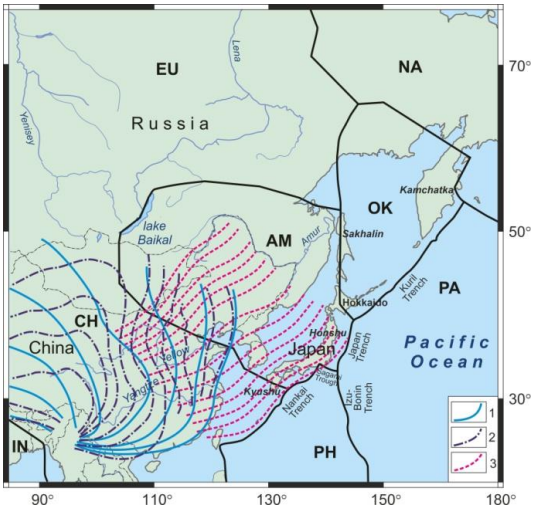

Рис. 3. Локализация проявлений медленных волн деформации. Волны пластической деформации на территории Центральной и Восточной Азии: “десятилетние“ (decade-wave) (1) и “вековые” (century-wave) (2) [Wang, Zhang, 1994, 2005]. Перемещение волновых фронтов деформации (3) из зоны Тихоокеанской субдукции в материковую часть Китая [Zhao, Yao, 1995]. Литосферные плиты: EU – Евразийская, NA – Североамериканская, PA – Тихоокеанская, PH – Филиппинская, AM – Амурская, OK – Охотская, IN – Индийская, CH – Китайская.

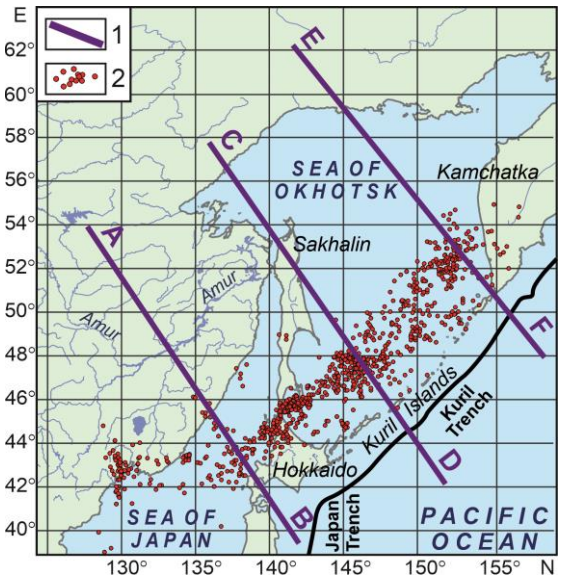

Рис. 4. Расположение профилей исследования поперечной миграции землетрясений и распределение землетрясений с M≥6.0 в Курило-Камчатском сегменте. 1 – положение профилей, 2 – землетрясения.

Выполнен анализ строения Буреинского и Сихотэ-Алинского орогенов по геофизическим данным и данным изучения особенностей рельефа с применением программы WinLESSA, в результате которого установлено, что тектоническому воздействию Индо-Азиатской зоны взаимодействия и Тихоокеанской плиты подвержены оба орогена. Для Буреинского орогена характеры крупные максимумы общей плотности линеаментов, в основном северо-восточной или северо-западной ориентировки, локализованных вдоль осевой линии орогена, в Сихотэ-Алинском орогене выявлена серия более

мелких максимумов плотности линеаментов разного направления, хаотично распределенных по всему орогену. В северной части Буреинского орогена и южной части Сихотэ-Алинского орогена реализуется режим сжатия, в остальных частях орогенов – растяжение (рис. 5). (Меркулова Т.В. Гильманова Г.З. // Тихоокеанская геология. 2022. Т. 41. № 5. С. 90–105).

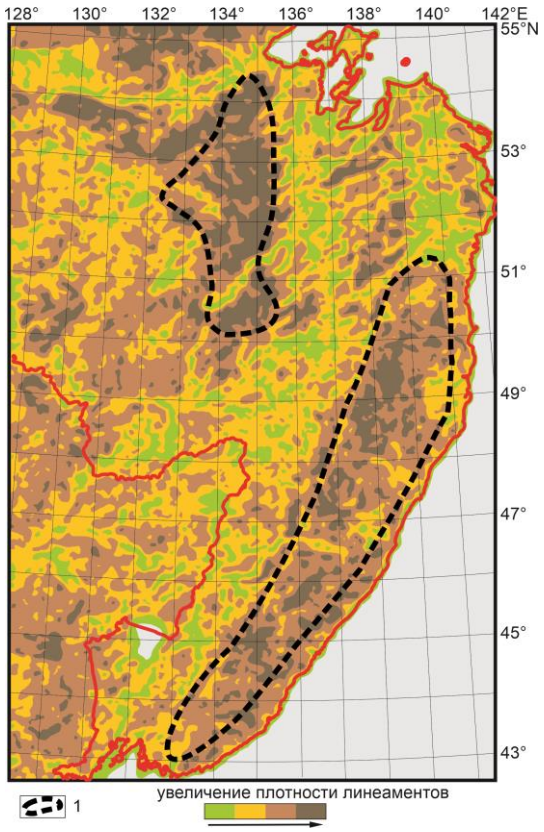

Рис. 5. Общая плотность линеаментов всех направлений. 1 – границы минимумов гравитационного поля.

Разработана эволюционная модель Амуро-Ханкайского рифтогена – самой крупной из новейших рифтогенных структур востока Азии. Показана позиция Амуро-Ханкайского рифтогена в региональной структуре. Выделены структурирующие рифтоген разломные системы Тихоокеанского и Альпийско-Гималайского подвижных поясов, исследован характер знакопеременно-сдвигового взаимодействия этих систем. Выявлены три этапа развития рифтогена – эоцен-миоценовый, плиоцен-плейстоценовый, голоценовый и особенности структурирования центральной, северной и южной частей рифтогена, его западной и восточной краевых зон. Приведены

примеры масштабных голоценовых трансформаций Амуро-Ханкайского рифтогена (рис. 6). (Коковкин А.А. // Региональная геология и металлогения. 2022. № 89. С. 33-49).

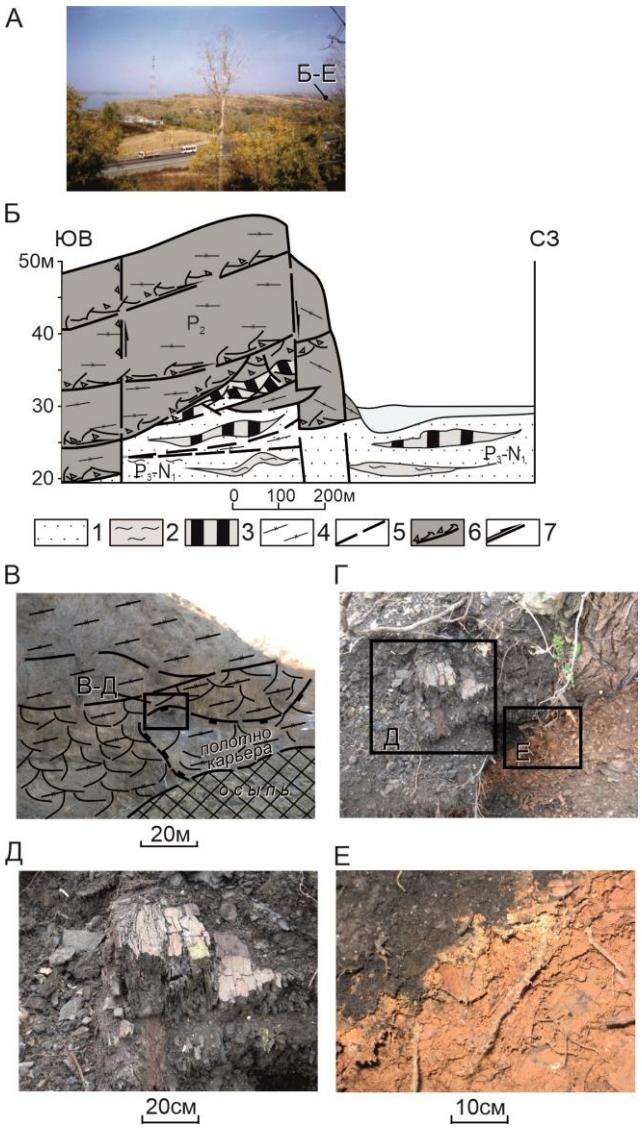

Рис. 6. Голоценовый надвиг на Осиповском блоке Хабаровско-Хехцирской системы поднятий. А – Общий вид с юга. Б – Схематический разрез северной части надвига. (1-3) – Миоценовые осадки Николаевского грабена Средне-Амурской впадины центральной части АХР: 1 – пески, 2 – глины, 3 – бурые угли, 4 – углеродисто-кремнистые алевролиты мезозоя, пластина надвига, 5 – разрывные нарушения, 6 – зоны «сухого» дробления, 7 – шов надвига. В – вид сверху (с юго-востока) на карьер, вскрывший зону надвига. Г-Д – Деформированные бурые угли в зоне надвига под пластиной

алевролитов в южном борту карьера. Е – то же, в нижней части зоны надвига, проработанной современной лимонитизацией (рыжее).

Построена региональная модель гидротермального плейстоценового уран-полиэлементного рудогенеза в окраинно-континентальной структуре Юга Дальнего Востока России (ЮДВР) и в глубине континента. Исследована его связь со спецификой напряженно эволюционирующей структуры ЮДВР. Показано, что этим рудогенезом в осадках и фундаменте позднемеловых-новейших впадин региона сформировано оруденение, способное существенным образом увеличить ресурс гидрогенного урана. Приведены доказательства связи рудогенеза с завершающей фазой развития плиоцен-плейстоценовой мантийной активизации, с развитием аргиллизитового метасоматоза. На примерах представительных объектов показан контроль метасоматоза и оруденения активизированными в плейстоцене глубинными разломами и характер пострудных перестроек. (Коковкин А.А. // Разведка и охрана недр. 2022. № 3. С. 10-23).

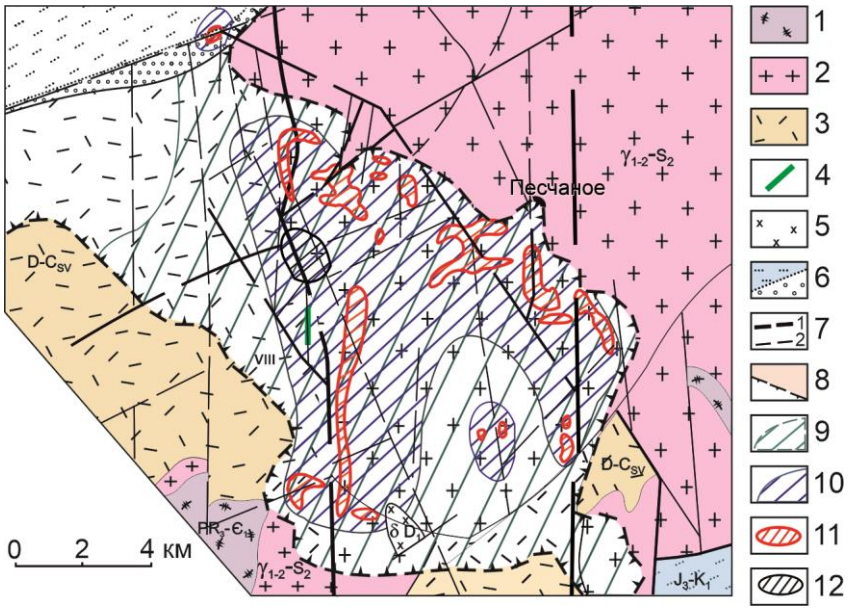

Рис. 7. Раковская впадина. Карта докайнозойского фундамента с данными ураноносности. 1-6. Образования фундамента (в контуре впадины не закрашены):1 – протерозой-нижнекембрийские сланцы; 2 – гродековские

граниты; 3 – кислые вулканиты девон-карбона; 4 – дайки андезитовых порфиритов; 5 – диориты кленовского комплекса; 6 – песчаники и конгломераты верхнего мезозоя. 7 – Разломы: первого порядка (1) и прочие (2). 8 – Контур впадины. 9 – Контур зоны аргиллизации (ранняя стадия). 10 – Контур аргиллизитов поздней стадии. 11 – Ураново-рудные залежи. 12 – Контур германиевого месторождения.

Проведены методические работы по оценке точности метода микросейсмического зондирования (МСЗ). Предложено использовать два статистических способа для оценки точности значений, приводимых на скоростных разрезах метода МСЗ. Выполнение разработанных методических рекомендаций необходимо для корректной интерпретации амплитудных вариаций, меньших по амплитуде, чем точность их определения. Обсуждаемый метод применен для исследования строения земной коры западной части Среднеамурского осадочного бассейна. В результате обработки результатов измерений были получены двумерные модели вариаций скоростей поперечных волн. Выявлено хорошее соответствие между построенными глубинными разрезами, результатами сейсмического профилирования и геоэлектрическим разрезом по данным аудио-магнитотеллурических зондирований. Уточнены границы Башмакского, Преображеновского, Самаро-Дитурского грабенов (рис. 8). (Пупатенко В.В. // Региональные проблемы. 2022. Т. 25. N 3. С. 91-93; Пупатенко В.В., Рябинкин К.С., Бронников А.К. // Региональные проблемы. 2022. Т. 25. N 3. С. 94-96).

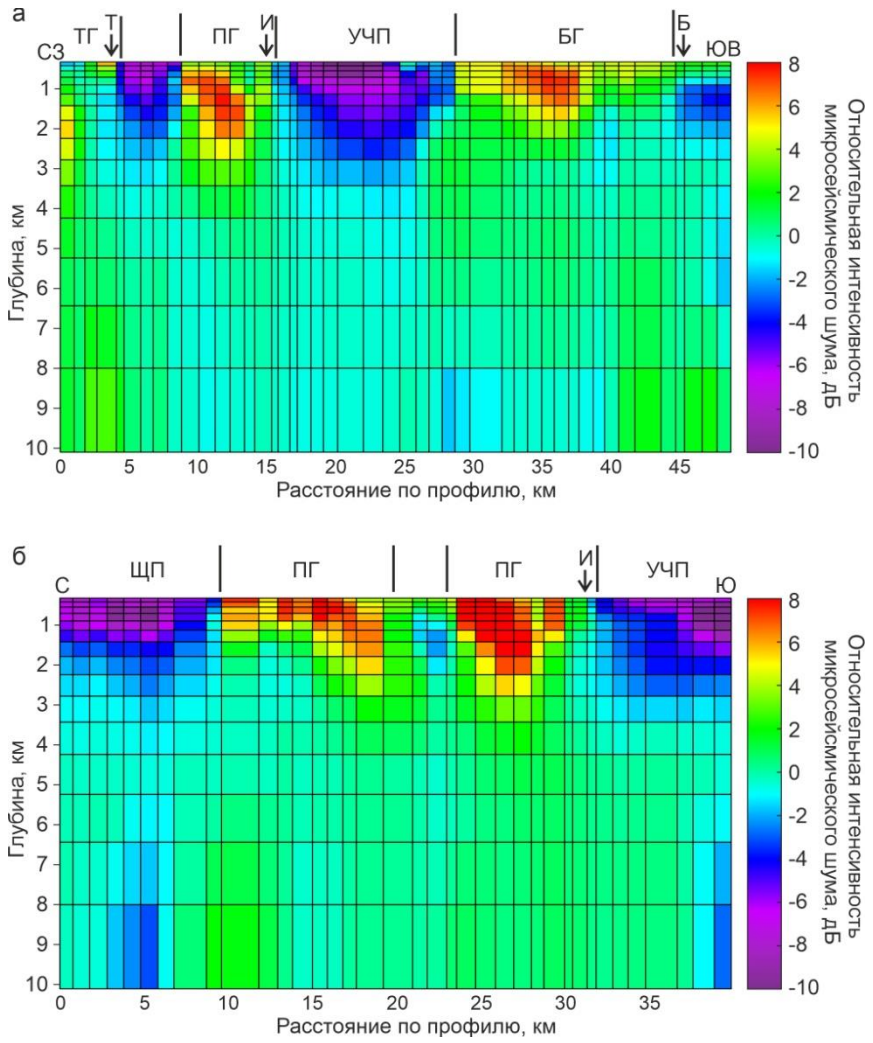

Рис. 8. Разрезы (а – СЗ–ЮВ; б – С–Ю) относительных скоростей поперечных волн западной части Среднеамурского осадочного бассейна. Грабены: БГ – Башмакский, СДГ – Самаро-Дитурский, ПГ – Преображеновский; поднятия: УЧП – Ульдура-Чуркинское, ЩП – Щуки-Поктойское; разломы: И – Итунь-Илань, Т – Тайменьский, Б – Башмакский.

По результатам магнитотеллурических зондирований южной части Сихотэ-Алинской складчатой системы (САСС) и граничащего с ней Ханкайского массива построен геоэлектрический разрез литосферы до глубины 150 км по профилю г. Дальнереченск – зал. Находка (рис. 9). Выявлена повышенная мощность блоков высокого удельного электрического сопротивления (УЭС) Ханкайского массива по сравнению с Центральной зоной САСС. В земной коре выделено четыре зоны низкого УЭС, три из

которых - связываются с основными глубинными разломами – Арсеньевским, Самаркинским и Партизанским, а четвертая зона – с рудной минерализацией и рудоносными разломами северо-восточного и субмеридионального направления. (Каплун В.Б., Бронников А.К. // Тихоокеанская геология. 2022. Т. 41. № 4. С. 60–77).

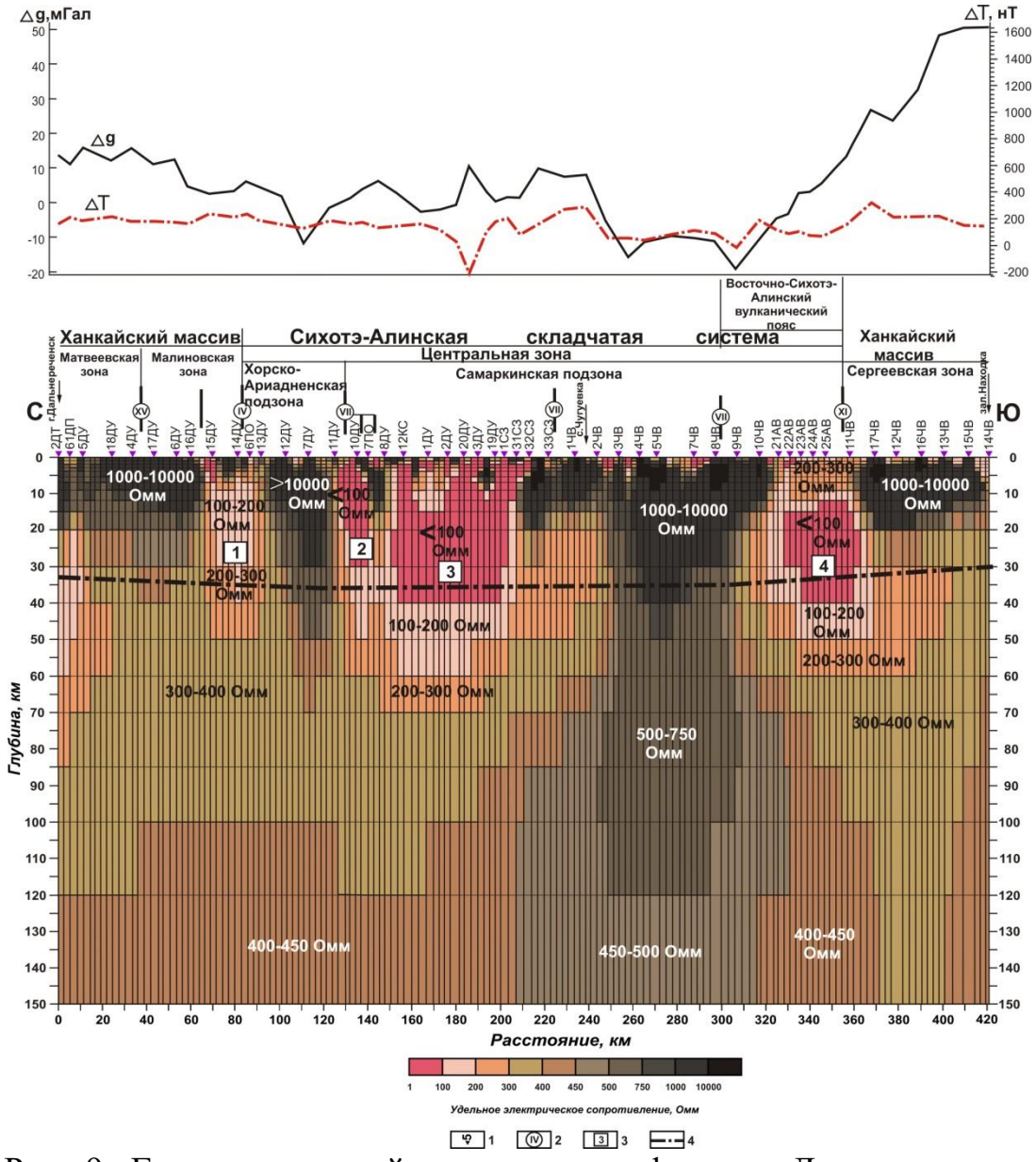

Рис. 9. Геоэлектрический разрез по профилю г. Дальнереченск - с. Уборка - зал. Находка по данным магнитотеллурических зондирований. 1 – пункты МТЗ и их номера, 2 – основные разломы: IV – Арсеньевский, VII – Самаркинский, XI – Партизанский, XV – Среднеханкайский; 3 – зоны низкого УЭС: 1 – Ореховская, 2 – Самаркинская, 3 – Кокшаровская, 4 – Партизанская; 4 – мощность земной коры по данным ГСЗ [Глубинное строение Приморья, 1976]. Над разрезом показаны графики гравитационного поля в редукции Буге (Δg) и магнитного поля (ΔT).

На основе разномасштабных петрофизических данных созданы сводные таблицы петрофизических характеристик осадочно-метаморфических, вулканогенных и интрузивных пород региона, построены петромагнитная и петроплотностная карты (рис. 10). Выявлена прямая связь магнитного поля с приповерхностными комплексами пород для мезозойских вулкано-плутонических структур Охотско-Чукотского вулканического пояса и частично для Юдомо-Майской структурно-формационной зоны. Установлено, что для древних блоков Алдано-Станового щита и Учуро-Майской плиты аномалии магнитного поля обусловлены не столько петромагнитными характеристиками пород, сколько их гидротермально-метасоматическими изменениями, произошедшими в процессе тектоно-магматической активизации. (Иволга Е.Г., Гурович В.Г., Манилов Ю.Ф. // Тихоокеанская геология. 2022. Т. 41. № 4. С. 75–96).

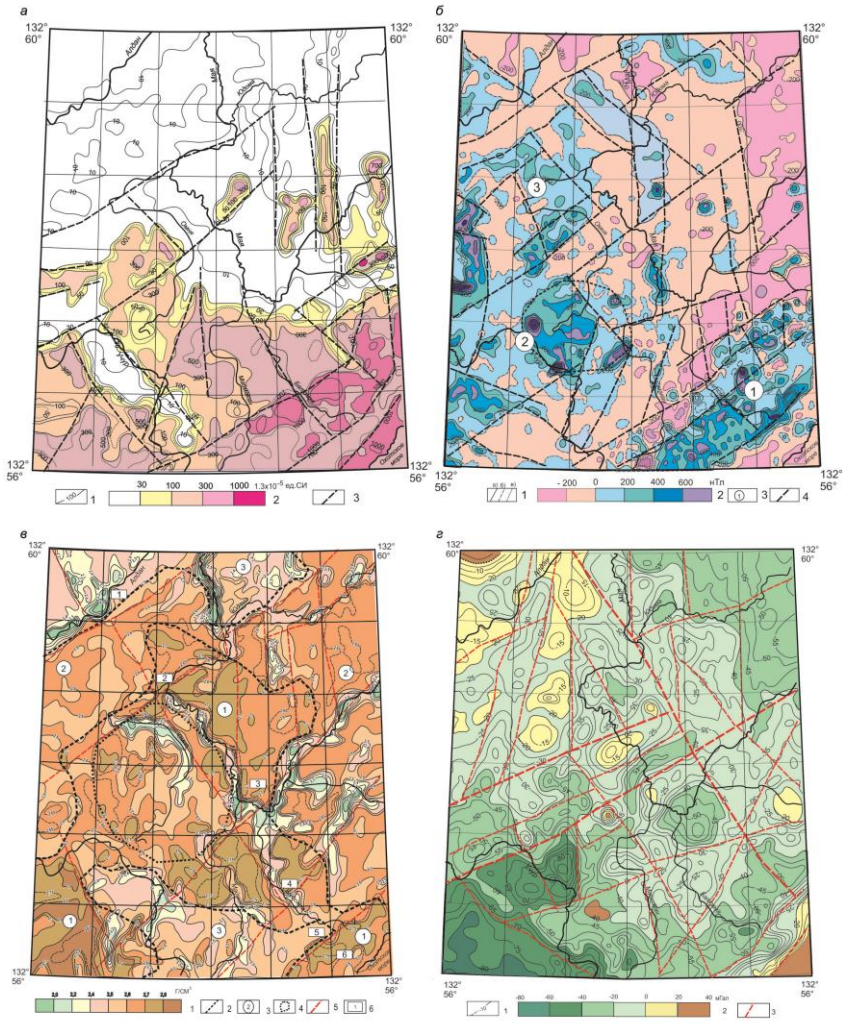

Рис. 10. Сопоставление аномалий магнитной восприимчивости (а) и магнитного поля (б), аномалий плотности (в) и гравитационного поля (г). а) Карта магнитной восприимчивости (æ): 1 – изолинии æ и их значения; 2 – шкала раскраски; 3 - тектонические нарушения, выделяемые по петромагнитной карте; б) Карта магнитного поля: 1 - изолинии напряженности магнитного поля: 1) – положительные, 2 – нулевые, 3 - отрицательные; 2 – шкала раскраски; 3 – блоки повышенного магнитного поля; 4 - тектонические нарушения, выделяемые по карте магнитного поля; в) Петроплотностная карта: 1 – шкала раскраски; 2- границы областей разной плотности; 3 – номера областей разной плотности: 1 - 2.60 – 280, 2 – 2.50 – 2.60, 3 –менее 2.50 г/см$^{3;}$ 4 – предполагаемая кольцевая структура; 5 – тектонические нарушения выделяемая по карте плотности; 6 – блоки разнонаправленных плотностных неоднородностей; г) Карта гравитационного поля: 1 – изолинии поля силы тяжести и их значения; 2 – шкала раскраски; 3 – тектонические нарушения, выделяемые на основе гравитационного поля.

На основе анализа аномального магнитного и гравитационного полей рассчитаны магнитная (до 18 км) и плотностная (до 35 км) глубинные модели для Малмыжского (рис. 11) и Пони-Мулинского рудных узлов с Au-Cu-порфировой минерализацией, расположенных в северной части Среднеамурского осадочного бассейна. Выделена кольцевая структура магматогенного генезиса, определяющая пространственную локализацию минерализации в Малмыжском и Пони-Мулинском рудных узлах. Площадь структуры может рассматриваться как потенциально перспективная на выявление Au-Cu-порфировой минерализации, в пределах которой дополнительно может быть намечен ряд перспективных участков, связанных с интрузиями гранитоидов и диоритов, развитых по периферии кольцевой структуры. Показано, что рассчитанная глубинная геофизическая модель Малмыжского рудного узла сходна с петрологическими моделями

суперкрупных медно-порфировых месторождений. (Носырев М.Ю., Диденко А.Н., Гильманова Г. З. // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2022. Т. 506. № 2. С. 227–235).

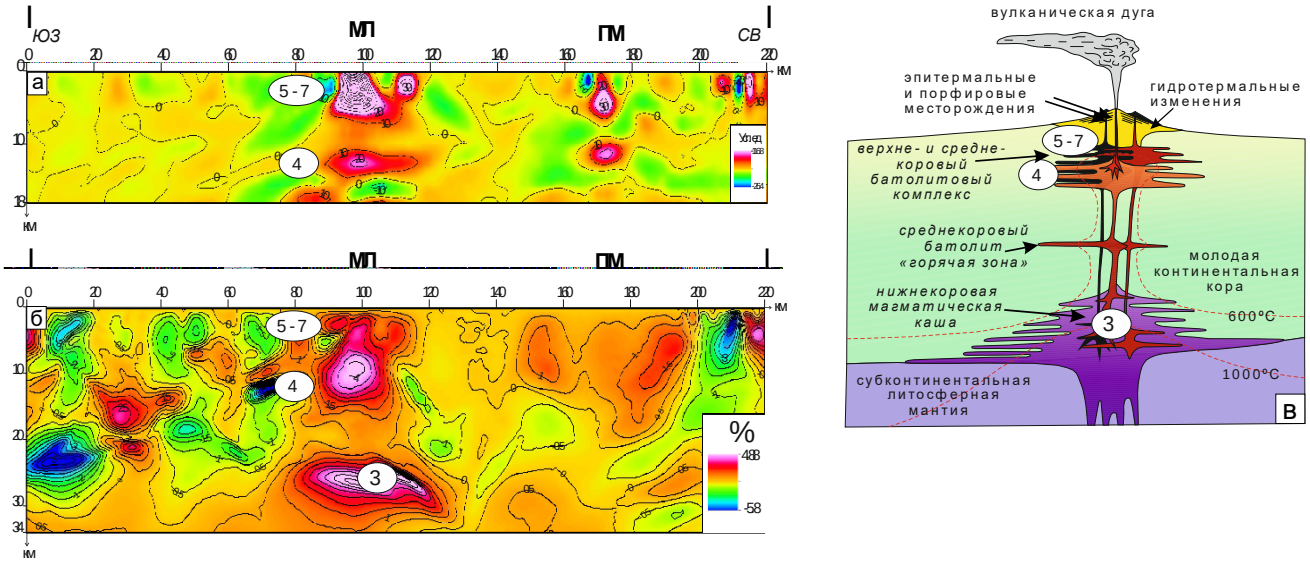

Рис. 11. Распределение эффективной намагниченности (а) и относительной плотности земной коры (б) вдоль профиля, пересекающего Малмыжский рудный узел и фрагмент петрологической модели образования крупного медно-порфирового месторождения (в) по [Richards, 2021] с упрощением. На рис. а, б и в: цифры в белых кружках обозначают стадии формирования рудной структуры по [Richards, 2021]: 3 – остановка магмы в промежуточной камере на границе Мохо, образование магматической каши и насыщение сульфидами; 4 – траспрессивные деформации в молодой континентальной коре, приводящие к быстрому подъему магмы и образованию крупного батолита в средней и верхней коре; 5-7 – формирование субвулканических купольных зон в кровле батолита, подъем в них пузырьковой магмы и металлосодержащих флюидов. Крупнообъемный поток магматических гидротермальных флюидов через купольные зоны, поддерживаемый непрерывной подпиткой батолита. Эффективное осаждение сульфидных Cu-Fe и других минералов с образованием крупного медно-порфирового месторождения.

На основании исследований данных по магнитному полю, распределению электрического сопротивления и поляризуемости, полученных по результатам наземных съемок, а также результаты изучения магнитной восприимчивости, кажущегося электрического сопротивления и поляризуемости образцов из канав и керна скважин, предложена геофизическая модель месторождения золота Белая Гора, которая может быть использована как эталон при проектировании геофизических работ и интерпретации геофизических данных в процессе поисков эпитермального золотого оруденения в пределах вулканотектонических структур Нижнеамурского региона. (Носырев М.Ю., Юрчук Ю.В. // Литосфера. 2022. Т. 22. № 1. С. 118–134).

В результате петромагнитного и палеомагнитного изучения пород мафитовых даек Сергеевского террейна выделена их вторичная высокотемпературная компонента NRM (метахронная природа). Оценка времени метаморфизма, приведшего к перемагничиванию даек, составляет около 250 млн лет назад. Расчетная палеоширота Сергеевского террейна на момент приобретения метахронной компоненты (21.8° ± 4.2° с.ш.) согласуется с палеоширотами северо-восточного края Северо-Китайского кратона на рубеже поздняя пермь-ранний триас. Магнитотектоническая реконструкция (рис. 12) показала, что палеоширота Сергеевского террейна на момент приобретения метахронной компоненты естественной остаточной намагниченности базитовыми дайками согласуется с палеоширотами Северного Китая. Следовательно, можно предполагать, что метаморфическое событие, в результате которого базитовые дайки были перемагничены, произошло на рубеже поздняя пермь-ранний триас у северо-восточного края Северо-Китайского кратона (рис. 12 б). (Диденко А.Н., Касаткин С.А., Архипов М.В., Песков А.Ю., Коновалова Н.С., Ото Ш., Образцов К.В. // Тихоокеанская геология. 2022. Т. 41. № 3. С. 92-115).

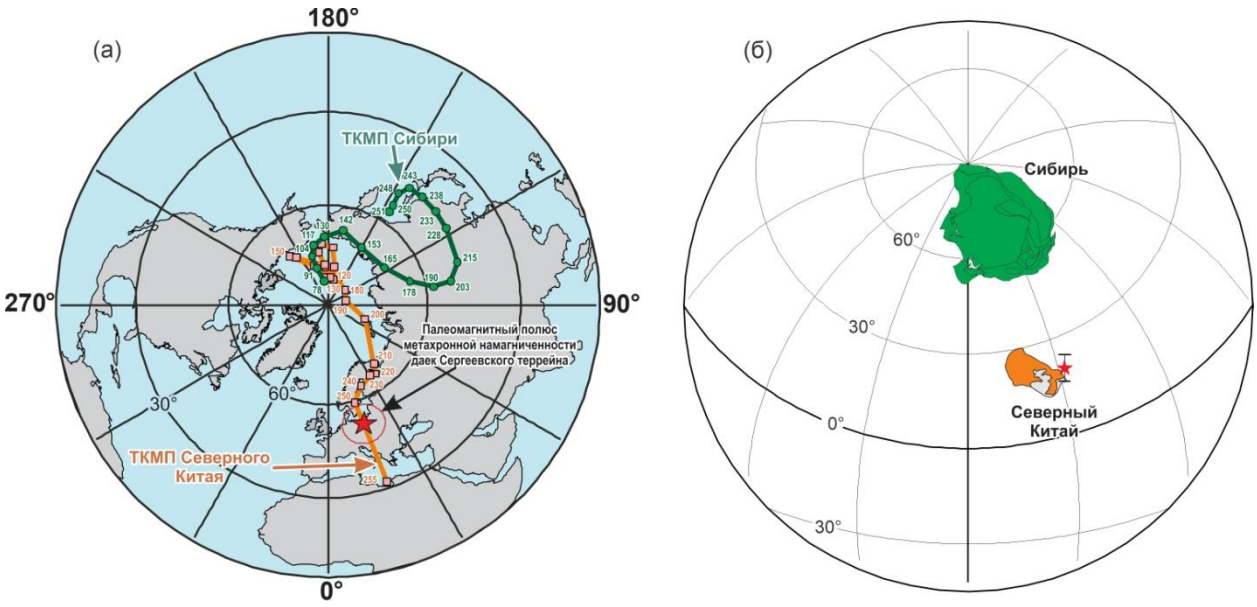

Рис. 12. Сопоставление палеомагнитного полюса метахронной намагниченности даек Сергеевского террейна (звезда) с мезозойскими траекториями кажущейся миграции полюсов Сибири [Диденко, 2015] и Северного Китая [Wu et al., 1990, 2017] (а) и магнитотектоническая реконструкция положения Сергеевского террейна относительно Сибири и Северного Китая на конец пермского периода (б). Реконструкция построена с использованием программы Gmap [Torsvik, Smethurst, 1999].

На основе новых геологических данных, детального описание руд, основных минералов и распределения PGE минерализации в рудах месторождения Кун-Маньё, расположенного на восточном фланге Пристанового орогена (рис. 13) юго-восточного обрамления Сибирской платформы установлено: 1) рудные тела контролируются силлами позднепалеопротерозойских (1.76 – 1.69 млрд лет) мафит-ультрамафитов; 2) вкрапленные Cu-Ni руды оконтуриваются в виде залежей, повторяя контуры рудоносных силлов; 3) брекчиевые и сплошные руды приурочены к сланцам в верхних и нижних частях рудных залежей, а гнездово-вкрапленная и прожилково-вкрапленная минерализация сконцентрирована в зонах пластических деформаций и на границах «слоёв» пород разной компетентности. Предполагается, что концентрация значительной части

сульфидных минералов и продуктивность PGE минерализации обусловлена процессами сульфидизации дифференциатов магмы в зонах пластических дислокаций под воздействием флюидов с повторной кристаллизацией. Показано, что продуктивность PGE минерализации значительно возрастает с повышением во флюидах концентраций S, As, Te, Bi и Sb. (Гурьянов В.А., Петухова Л.Л., Абражевич А.В., Чубаров В.М, А.И. Тихомирова А.И. // Тихоокеанская геология. 2022. Т. 41. № 6. С. 3–23).

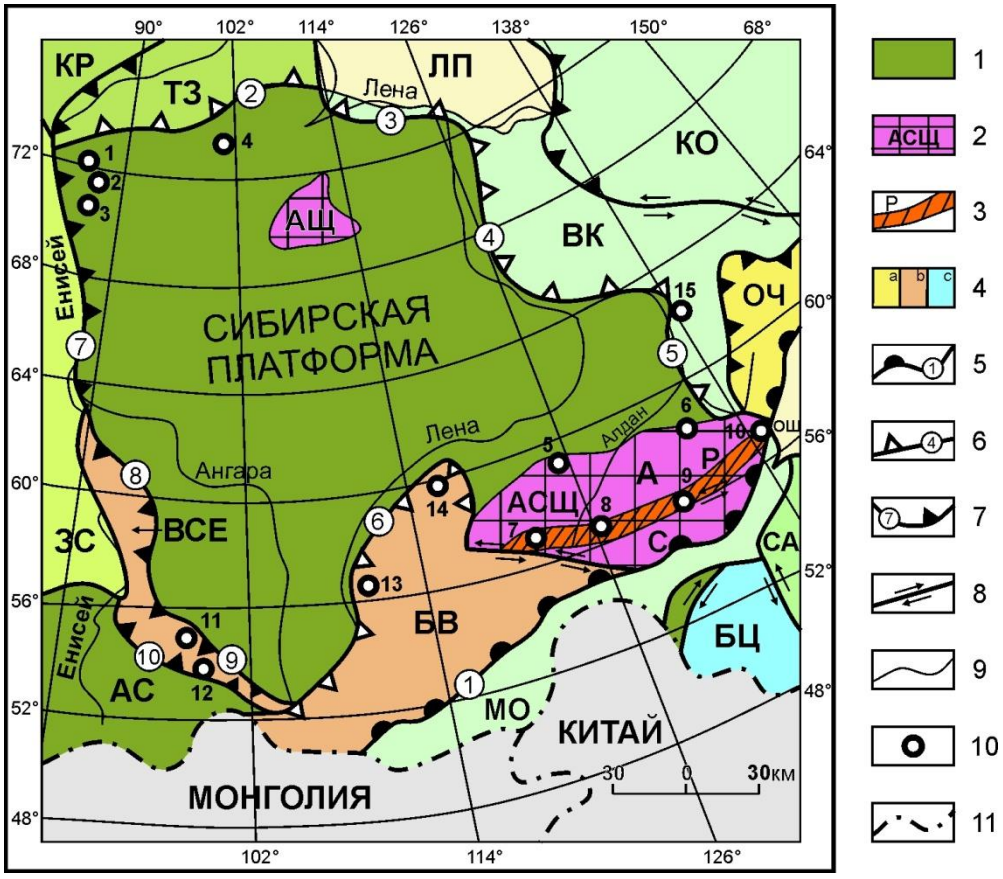

Рис. 13. Схема размещения PGE-Cu-Ni и PGE месторождений на территории Сибирской платформы и структур её обрамления. Трансрегиональные таксоны: 1 – Сибирская платформа, 2 – щиты древней платформы: АЩ – Анабарский, АСЩ – Алдано-Становой (А – Алданская гранулито-гнейсовая мегазона, С – Становая гранит-зеленокаменная мегазона), 3 – Пристановая складчато-надвиговая (протоколлизионная) зона (Р). 4 – прочие таксоны (цветом показан возраст). А) провинции: ЗС – Западно-Сибирская платформенная эпипалеозойская (а), ЛП – Лаптевская

пассивно-окраинная, ОШ – Охотская шельфовая задуговая, КР – Карская древняя платформа; Б) области покровно-складчатые: ТЗ – Таймыро-Североземельская, ВСЕ – Восточно-Енисейская, АС – Алтае-Саянская, БВ – Байкало-Витимская (б), МО – Монголо-Охотская, ВК – Верхояно-Колымская, КО – Колымо-Омолонская, БЦ – Буреино-Цзямусинская (с), СА – Сихотэ-Алинская, ОЧ – Охотско-Чукотская активно-окраинная область. 5-8 – граничные разломы (номера в кружке): 5 – Монголо-Охотский субдукционный шов (1); 6 – краевые швы: Южно-Таймырский (2), Лено-Анабарский (3), Западно-Верхоянский (4), Нелькано-Кыллахский (5), Прибайкало-Патомский (6); 7 – надвиговые швы: Приенисейский (7), Восточно-Енисейский (8), Присаянский (9), Восточно-Саянский (10), 8 – сдвиговые швы. 9 – геологические границы. 10 – месторождения Ni-Cu-PGE, PGE* и платиноносные золоторудные в чёрносланцевой формации осадочных пород** (1 – Талнахское, 2 – Октябрьское, 3 – Норильск-1, 4 – Гулинское*, 5 – Инагли*, 6 – Кондёр*, 7 – Чинейское, 8 – Бурпалинское, 9 – Кун-Маньё, 10 – Няндоми, 11 – Кингашское, 12 – Калнинское, 13 – Байкальское (Йоко-Довыренское), 14 – Сухой Лог**, 15 – Нежданинское**). 11 – государственные границы.

На основе анализа геологического разреза и палеомагнитных данных Ульбанского террейна, расположенного в области сочленения Монголо-Охотского и Сихотэ-Алинского орогенных поясов, показано, что среднеюрские отложения эльгонской свиты были сформированы в процессе турбидитовой седиментации в обстановке песчаной лопасти турбидитовых конусов или рампов. Направления палеотечений, замеренные в обнажениях и рассчитанные с помощью анизотропии начальной магнитной восприимчивости, свидетельствуют о транспортировке обломочного материала с западно-юго-западных источников сноса. (Зябрев С.В., Кудымов А.В., Песков А.Ю., Каретников А.С., Диденко А.Н. // Тихоокеанская геология. 2022. Т. 41. № 6. С. 65–74).

В результате геохронологического изучения детритовых цирконов из осадочных пород горинской, пионерской и пиванской свит комсомольской серии Северного Сихотэ-Алиня установлено, что изотопный $^{206}Pb/^{238}U$ возраст самых молодых популяций цирконов не противоречит стратиграфическому возрасту лишь только для пиванской свиты. Возраст берриасс-валанжинских отложений пионерской свиты оказался не древнее баррема, а титон-берриасских отложений горинской свиты не древнее готерива (рис 14). Поскольку, в основу расчленения отложений комсомольской серии на свиты положены, прежде всего, литологические критерии, а так как состав свит очень схож, сходные отложения в других нижнемеловых разрезах региона могли быть отнесены к другим стратонам, поэтому сформулированный выше выводы справедливы только для изученных нами разрезов. (Кудымов А.В., Ото Ш., Архипов М.В., Песков А.Ю., Зябрев С.В., Нагата М., Диденко А.Н. // Тихоокеанская геология. 2022. Т. 41. № 5. С. 20-32).

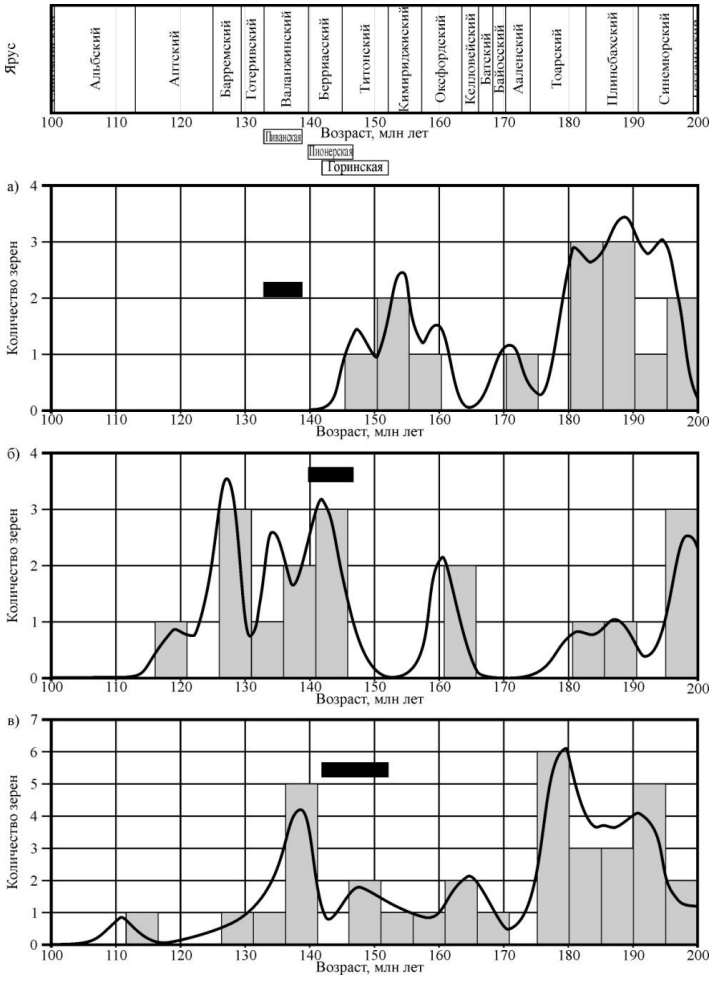

Рис. 14. Сопоставление стратиграфического возраста пиванской (а), пионерской (б) и горинской (в) свит и $^{206}Pb/^{238}U$ возраста самых молодых популяций цирконов в пробах этих свит. Линейными графиками обозначена плотность вероятности распределения возрастов детритовых цирконов с конкордантными датировками.

Выполнено сводное описание Аяно-Шевлинского перикратонного прогиба, располагающегося на юго-восточной окраине Алдано-Станового щита Сибирской платформы, разделенного на пространственно разобщенные Шевлинскую, Немериканскую и Лантарскую зоны (рис. 15). Зоны прогиба содержат разрозненные выходы пестроцветных терригенно-карбонатных отложений, базальты, гранитоиды и габброиды верхнего рифея, венда, кембрия, ордовика, силура, девона и карбона. Формационно, отмеченные образования близки (за исключением магматических образований) к отложениям располагающегося севернее Юдомо-Майского перикратонного прогиба. Существенное отличие Аяно-Шевлинского прогиба от других перикратонных прогибов это то, что отложения прогиба залегают прямо на кристаллическом фундаменте платформы (Алдано-Становом щите и Баладекском выступе); какая-либо видимая связь их с плитным комплексом Сибирской платформы отсутствует. (Забродин В.Ю. // Региональная геология и металлогения. 2022. № 91. С. 31–44).

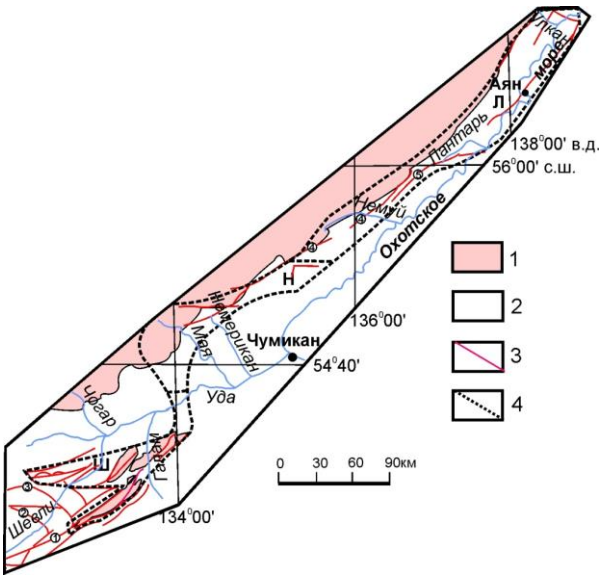

Рис. 15. Положение Аяно-Шевлинского перикратонного прогиба в структуре юго-восточной окраины Сибирской платформы. 1 – фундамент платформы, 2 – прочие геологические образования, 3 – разломы (1 – Улигданский, 2 – Ланский, 3 – Южно-Удский, 4 – Джугджурский, 5 – Прибрежный), 4 – условные границы Аяно-Шевлинского перикратонного прогиба и его зон (Ш – Шевлинской, Н – Немериканской, Л – Лантарской).

Благороднометалльное оруденение в терригенных толщах Сугойского прогиба по результатам полевых и аналитических исследований отнесено к трем главным рудным формациям: золото-редкометалльной (связана с интрузивно-купольными структурами), серебро-полиметаллической (связана с субвулканическими интрузивно-купольными структурами) и золото-серебряной (в эродированных вулканоструктурах). Золото-редкометалльная формация в грейзен-березитовых метасоматитах характеризуется ассоциацией Au с минералами Bi, Te и As, серебро-полиметаллическая формация в кварц-хлоритовых метасоматитах – акантита с галенитом. Для золото-серебряной формации в березитизированных породах установлена связь акантитовой и купроауритовой минерализации. (Лапенко А.С., Кириллов В.Е., Савва Н.Е., Козлов Н.Н., Коновалова Н.С. // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2022. №19. С. 195–200)**.**

В результате обобщения и анализа аналитических материалов установлено, что в восточной части Алдано-Станового щита проявился рудоносный кварц-полевошпатовый метасоматоз, связанный с несколькими эпохами магматической и тектонической активизации. Архей-раннепротерозойская эпоха характеризуется палингенной гранитизацией и U, Th оруденением, наиболее продуктивная раннепротерозойская – аллохтонным щелочным гранитоидным магматизмом и редкоземельно-редкометальными месторождениями. Рифейская эпоха связана с тектонической активизацией, с U и TR оруденением иттриевого профиля,

мезозойская – с гранитоидным магматизмом гипабиссального уровня с благороднометальным (Au, Ag) и полиметаллическим оруденением. (Кириллов В.Е., Гурьянов В.А., Коновалова Н.С. // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2022. № 19. С. 163–170).

Показано, что малообъемное редкоземельное оруденение Приморья локализуется в деформированных новейшей тектоникой и проработанных аргиллизитовым метасоматозом породах фундамента и обрамления угленосных впадин. Глинистый материал из зон интенсивной аргиллизации в гранитах может служить легкообогатимым источником дефицитных редкоземельных элементов и иттрия (рис. 16). Ионно-сорбционная и карбонатная формы нахождения РЗЭ+Y в совокупности с глинистым составом большей части руд позволяет использовать при их обогащении методы кучного выщелачивания дешевыми и малотоксичными солевыми и солянокислыми растворами. (Черепанов А.А., Бердников Н.В., Астапов И.А. // Тихоокеанская геология. 2022. Т. 41. № 2. С. 101–108).

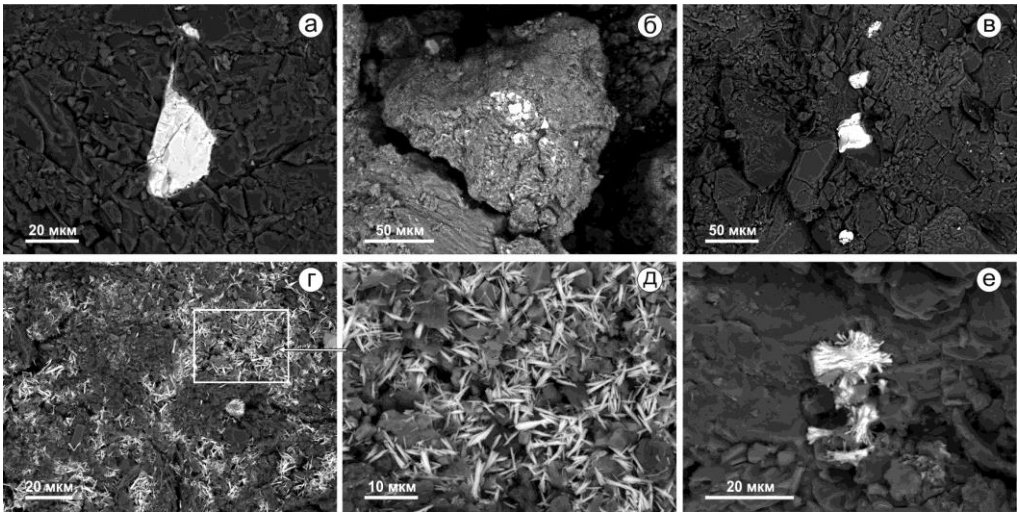

Рис. 16. Минералы-носители РЗЭ(+Y) в аргиллизитах Приморья. а – зерно монацита в ортоклазе гранита; б – микрозерна и агрегаты; в – зерна вдоль микротрещины; г, д – игольчатые кристаллы; е – удлиненные

новообразования поздней генерации. СЭМ изображения в режиме обратно рассеянных электронов.

Показано, что накопление химических элементов в раковинах речных моллюсков отражает их содержание в речной воде как для ныне живущих, так и для субфоссильных моллюсков того же вида. По накоплению в субфоссильных раковинах двустворчатых моллюсков Margaritifera dahurica рассчитано содержание химических элементов в водах рек бассейна Верхнего Амура в позднем голоцене. Содержание металлов в субфоссильных раковинах жемчужниц на уровне их кларков в водных организмах позволяет принять их в качестве фоновых для рек бассейна Верхнего Амура (рис. 17). (Klishko O.K., Berdnikov N.V., Bogan A.E., Vinarski M.V. // Ecological Indicators. 2022. V. 134. Номер статьи 108482).

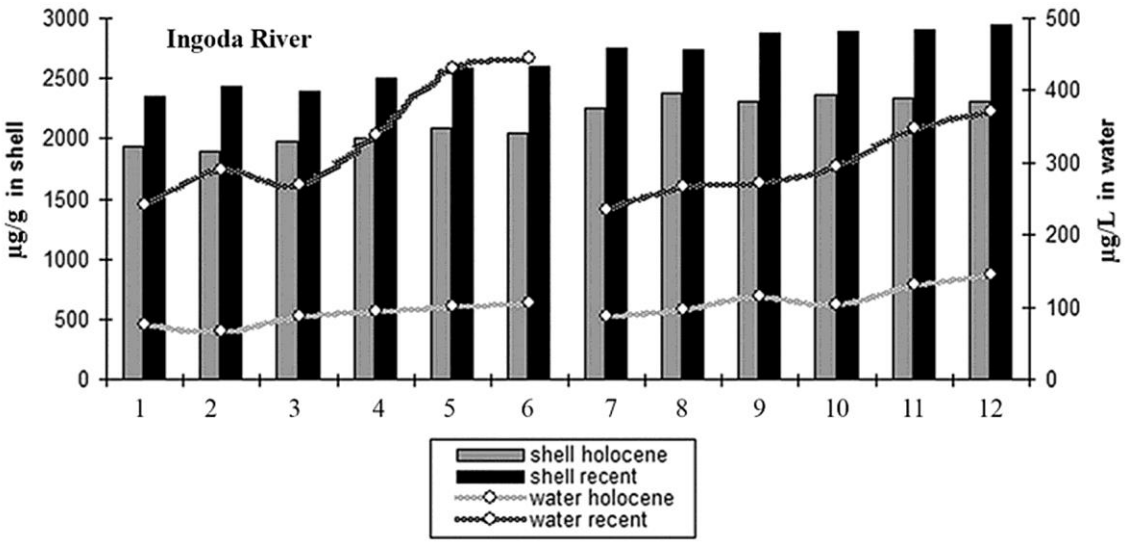

Рис. 17. Уровень накопления металлов в раковинах субфоссильных *Margaritifera dahurica* (поздний голоцен) и современных жемчужниц (2010-2019 гг.) и их содержание в воде р. Ингода. 1-12 – пункты наблюдений.

Выполнен обзор геологического положения, петрологии, химического состава и ассоциирующего оруденения проявлений адакитов и высокониобиевых базальтов основных адакитовых провинций мира.

Показано их положение в структурах магматических дуг и коллизионных орогенов, обоснована роль этих пород в формировании крупнейших месторождений меди и золота (рис. 18). (Kepezhinskas, P., Berdnikov, N., Kepezhinskas, N., Konovalova, N. // Geosciences. 2022. V. 12. № 29).

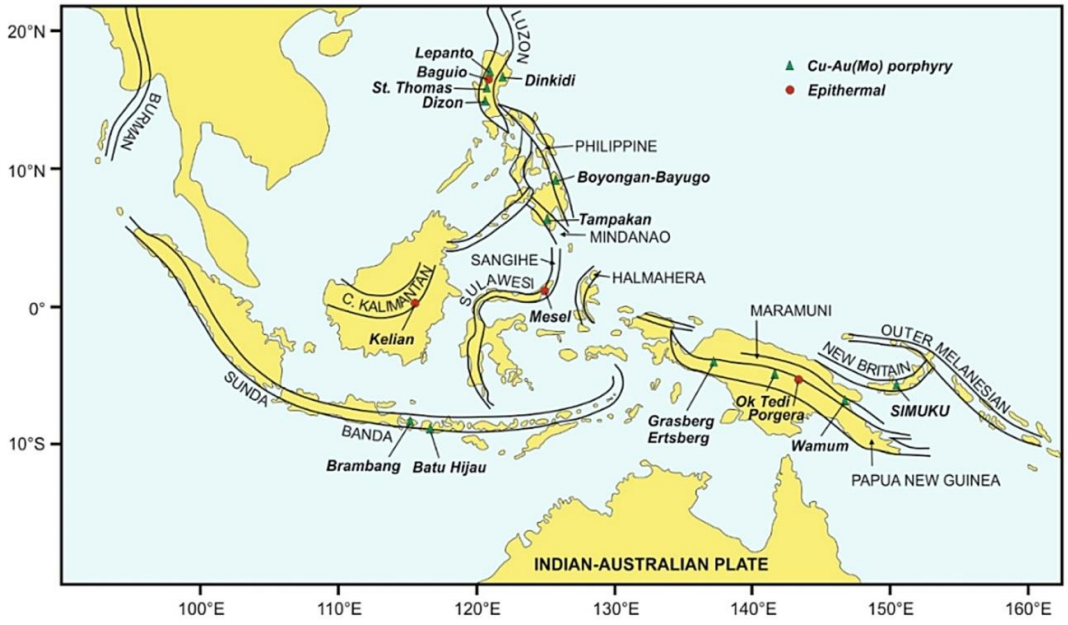

Рис. 18. Крупнейшие медно-порфировые с молибденом и золотосеребряные эпитермальные месторождения, связанные с адакитами и высокониобиевыми базальтами на Филиппинах.

На примере ультраосновного массива Ильдеус (232–233 Ма, Становая складчатая область, Дальний Восток России) изучено поведение золота в продуктах магматической дифференциации в конвергентных зонах. Вебстериты массива обогащены золотом (до 596 г/т) в виде зерен сплава Cu-Ag-Au (рис. 19). Показано, что эти зерна образовались в процессе дифференциации примитивных известково-щелочных магм в обстановке мезозойской зоны субдукции. Поздние гидротермальные изменения пород массива привели к преобразованию зерен первично-магматического Cu-Ag-Au сплава в частицы состава Ag-Au, характерного для верхнекоровой порфировой и эпитермальной золото-серебряной минерализации. (Berdnikov

N., Kepezhinskas P., Konovalova N., Kepezhinskas N. // Geosciences. 2022. T. 12. № 126).

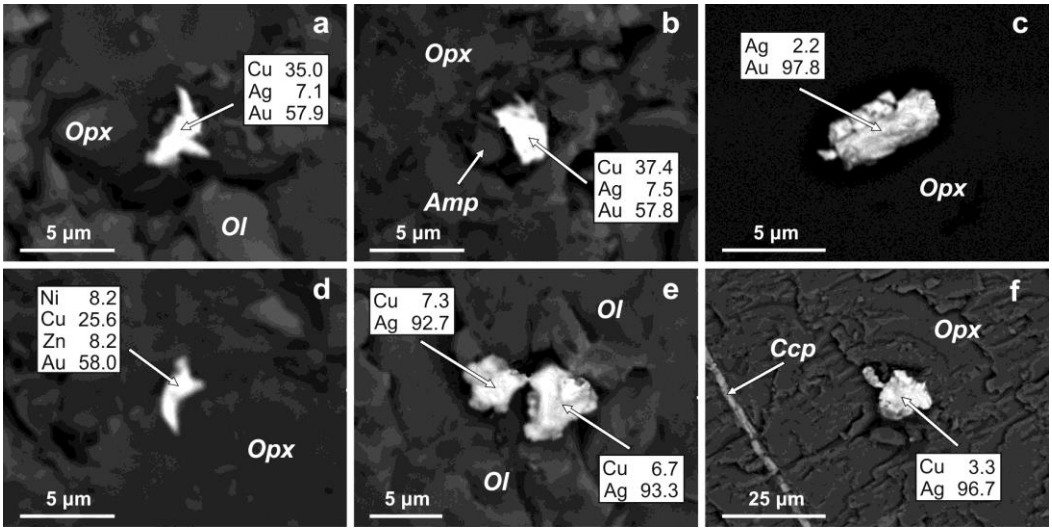

Рис. 19. Микровключения медь-, серебро- и золотосодержащих сплавов в породообразующих минералах массива Ильдеус. Ol – оливин, Opx – ортопироксен, Amp – амфибол, Ccp – халькопирит.

В ксенолитах перидотитов из лав Авачинского вулкана (Камчатка) обнаружены и изучены многочисленные микровключения самородных металлов и интерметаллических сплавов. Сидерофильные элементы представлены включениями Pt, Fe, Au и сплавами Cr-Fe и W-Fe-Mn, халькофильные – самородными Cu, Bi, Pb, Zn и сплавами Cu-Ag, Cu-Sn, Cu-Sn-Au, Ag-Au, Cu-Ag-Au и Ni-Cu-Ag-Au (рис. 20). Присутствие в авачинских ксенолитах самородных металлов и их сплавов свидетельствует о существовании в зонах субдукции восстановительных условий, а также о возможности возникновения экстремально высоких редокс градиентов в породах мантийного клина. (Pavel Kepezhinskas, Nikolai Berdnikov, Nikita Kepezhinskas and Natalia Konovalova // LITHOS. 2022. V. 412–413. 106610).

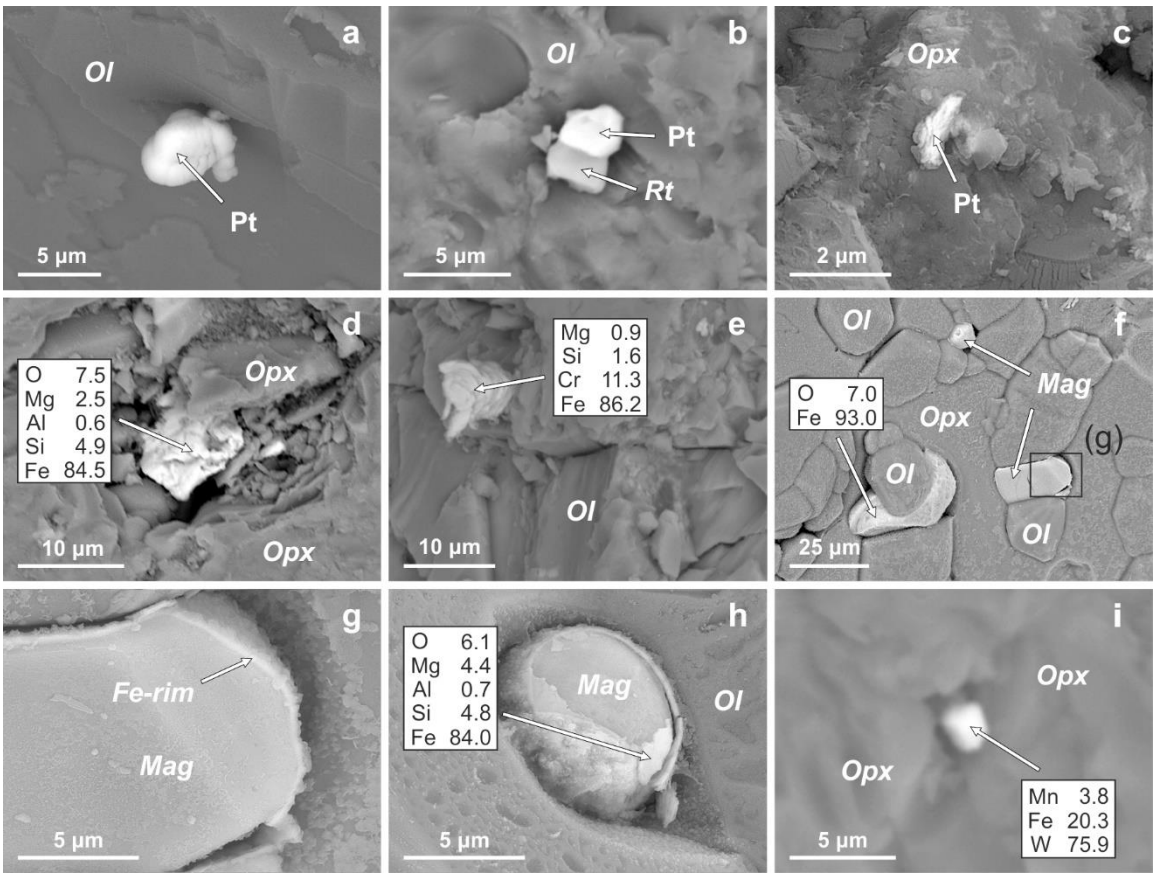

Рис. 20. Сидерофильные металлы в авачинских ксенолитах. a – Pt в оливине; b - Pt в срастании с рутилом; c - Pt в ортопироксене; d - самородное Fe в ортопироксене; e – хромистое железо в оливине; f – взаимоотношения между магнетитом, самородным Fe, оливином и ортопироксеном. Магнетит покрыт корочкой самородного железа; g, h – корочка самородного железа на зерне магнетита; i - W-Fe-Mn в ортопироксене. Ol – оливин, Opx – ортопироксен, Mag – магнетит, Rt – рутил.

25. Высоко-Nb трахиты Вирджинии (3,5-28 г/т Au), шошониты Колорадо (2,2-3,2 г/т Au) США и высоко-K дациты Боливийских Анд (6,5-7 г/т Au) содержат микровключения тугоплавких металлов и сплавов (Pt с примесью Fe и Cr, самородный W, Co-W, Fe-W, Cu-Ag-Au alloys), халькофильных металлов и их сплавов (Cu, Zn, Cu-Sn), сульфидов. Составы металлов и сплавов, их структурные особенности и ассоциация с фенокристами свидетельствуют об их магматической природе. Предполагается, что обогащенные металлами магмы, разгружаясь в

орогенных и пост-орогенных тектонических обстановках, участвуют в процессах формирования порфирового и эпитермального оруденения в верхних горизонтах коры (рис. 21). (Kepezhinskas P., Berdnikov N., Konovalova N., Kepezhinskas N., Krutikova V., and Kirichenko E. // Russian Journal of Pacific Geology. 2022 V. 16. No. 5. P. 407–428).

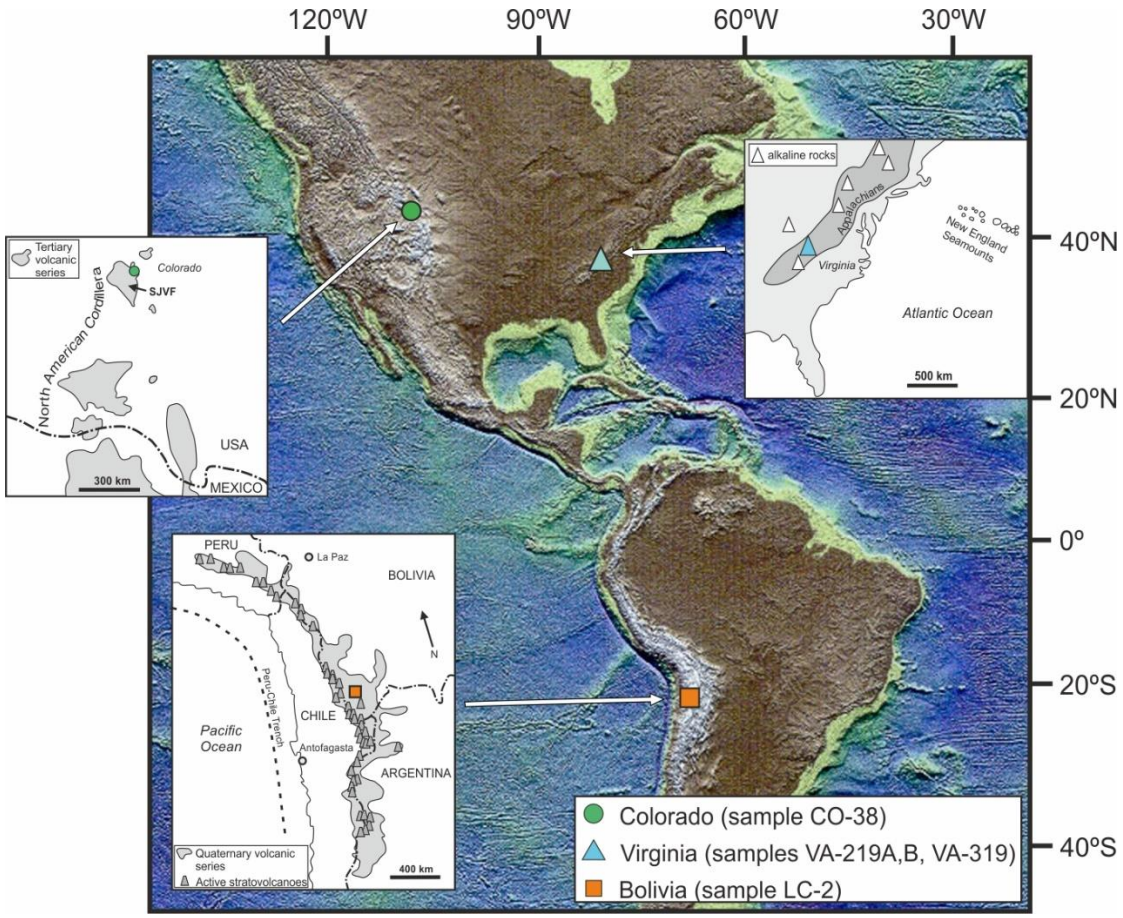

Рис. 21. Генерализованная тектоническая обстановка в местах отбора образцов в США (Colorado и Virginia) и Боливийских Андах (Bolivia).

Охарактеризована стратиформная флюоритовая и флюорит-полиметаллическая минерализация в Прибайкалье, на Алданском щите, Сетте-Дабане и на Омулевском поднятии в Приколымье (рис. 22). Показано, что накопление флюорита в терригенно-карбонатных породах преимущественно доломитового ряда происходило в мелководных шельфовых зонах, отделенных от открытого моря рифовыми постройками. На стадии диагенеза флюорит концентрировался в слоях и горизонтах, а на

стадии катагенеза происходило его перераспределение с образованием промышленных рудных тел. Приведены примеры типовых месторождений, дана оценка прогнозных ресурсов флюорита. (Черепанов А.А., Бердников Н.В. Стратиформное флюоритовое оруденение в обрамлении Сибирской платформы и на Востоке России. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2022. 115 с.; Cherepanov A.A., Berdnikov N.V. // Russian Journal of Pacific Geology. 2022. V. 16. No. 7. P. 1–35; Черепанов А.А., Бердников Н.В. // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2022. № 1. С. 3–13).

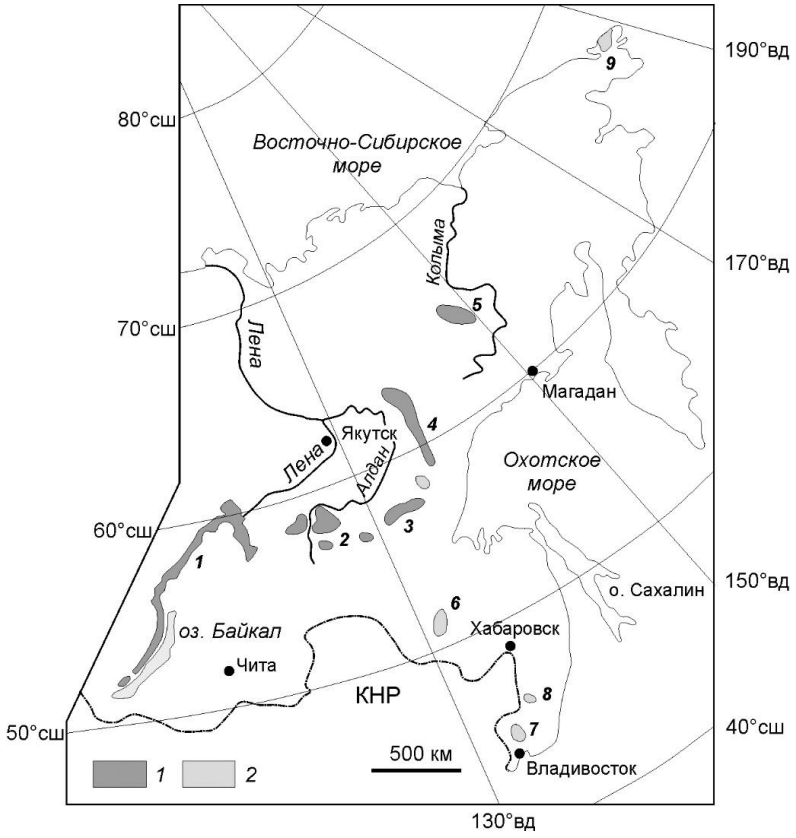

Рис. 22. Схема размещения областей развития стратиформной флюоритовой минерализации (1 – установленной, 2 – предполагаемой) на Востоке РФ. Флюоритоносные области (районы): 1 – Прибайкальская, 2 – Южно-Якутская (Алданская), 3 – Кет-Капская, 4 – Сетте-Дабанская, 5 – Урультуно-Тасканская (Омулевское поднятие), 6 – Мергиленская (Буреинский массив), 7 – Вознесенская, 8 – Кабаргинская (Ханкайский массив), 9 – Восточно-Чукотская.

Проведены детальные исследования минералов платиновой группы (МПГ) из эксплозивных брекчий месторождения Поперечное (Дальний Восток России) (рис. 23). Среди самородных МПГ преобладает изоферроплатина, меньше распространены рутениридосмин, платина и осмий, которые являются производными пород ультрамафитовых формаций: супрасубдукционного клина островодужных офиолитов; основания энсиалической дуги и продуктов эволюции надсубдукционных мантийных расплавов. Изученные ассоциации МПГ представляют собой новый тип потенциально промышленной благороднометалльной минерализации на Дальнем Востоке России, а эксплозивные брекчии могут служить поисковым критерием для обнаружения коренных и россыпных месторождений платиноидов вулканогенно-эксплозивного генезиса. (Mochalov A.G., Berdnikov N.V., Galankina O.L., Kepezhinskas P.K., Liu Jinlong, and Krutikova V.O. // Russian Journal of Pacific Geology. 2022. V. 16. No. 6. P. 546–561).

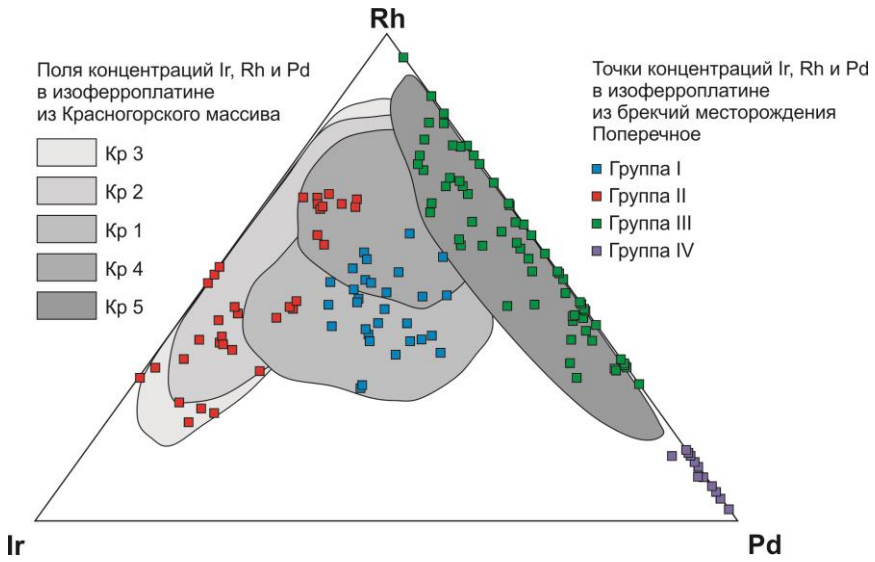

Рис. 23. Точки концентраций Ir, Rh и Pd в изоферроплатине из эксплозивных брекчий месторождения Поперечное на полях концентраций этих платиноидов в изоферроплатине из Красногорского массива.

Впервые для мезозойских магматических образований Восточной Якутии построена карта окислительно-восстановительных условий (редокс-

фона) их формирования (рис. 24). Карта имеет важное предсказательное значение, поскольку показано, что месторождения олова и вольфрама связаны с восстановительным, а золота и халькофильных элементов – с окислительным фоном, существовавшим при формировании магматитов. Предложен механизм образования редокс-зон, связанный с субдукционно-коллизионными процессами, происходившими на границе Сибирского кратона и Колымо-Омолонского супертеррейна (рис. 24 Б). (Мишин Л.Ф., Коновалова Е.А., Талтыкин Ю.В. // Петрология. 2022. Т. 30. № 3. С. 260–280).

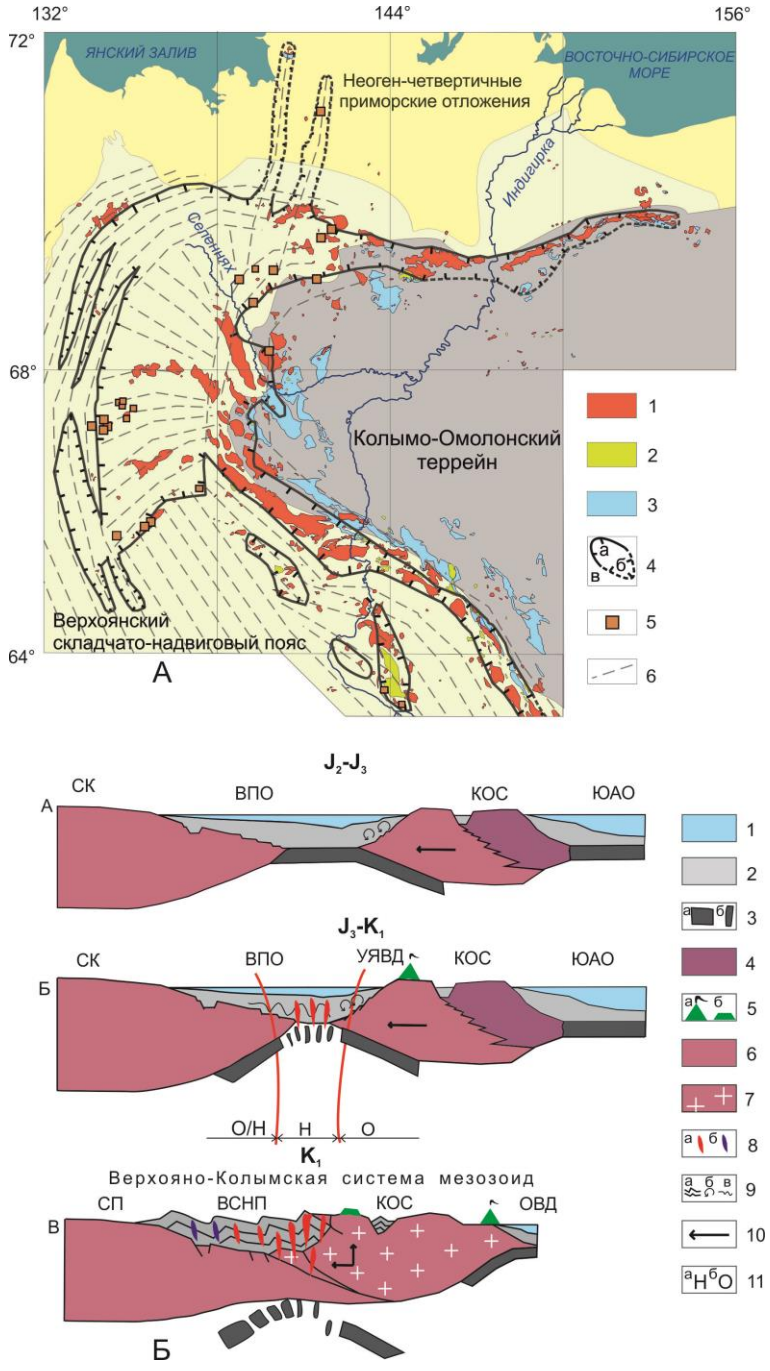

Рис. 24. А. Карта окислительно-восстановительных условий формирования мезозойских магматических пород Восточной Якутии. Геологическая основа [Третьяков, 2019] с добавлениями авторов. 1 – интрузивные; 2 – субвулканические; 3 – вулканические породы; 4 – зона распространения восстановительных (установленная - а, предполагаемая - б) и окислительных (в) условий формирования магматических пород; 5 – месторождения Sn; 6 – условная схема трещиноватости, радиальных и дуговых разломов по материалам (Третьяков, 2019; Трунилина и др., 1985). Б. Возникновение ильменитовой (Н), магнетитовой (О) и переходной (О/Н) зон в литосфере Верхояно-Колымской складчатой системы на рубеже J_2–K_1, согласно приведенной карте. 1 – море, 2 – каменноугольно-мезозойские отложения, 3 – океаническая кора (а) и ее фрагменты (б); 4 – земная кора островодужных зон; 5 – вулканы (а) и вулканические образования (б); 6 – континентальная кора Сибирского кратона; 7 – новообразованная континентальная кора Верхояно-Колымской системы мезозоид; 8 – гранитоиды: ильменитовые (а), магнетитовые (б); 9 – складчатые структуры сильнодеформированные (а), среднедеформированные (б), слабодеформированные (в); 10 – направление движения Колымо-Омолонского блока, 11 – зоны восстановленного (а) и окисленного (б) фона. Буквенные обозначения: СК – Сибирский кратон, ВПО – Верхоянская пассивная окраина, КОС – Колымо-Омолонский супертеррейн, УЯВД – Уяндино-Ясачненская вулканическая дуга, ЮАО – Южно-Анюйский океан, СП – Сибирская платформа, ОВД – Олойская вулканическая дуга, ВКСМ – Верхояно-Колымская система мезозоид, ВСНП – Верхоянский складчато-надвиговый пояс.

Проведена оценка перспектив нефтегазоносности кайнозойских отложений Саньцзян-Среднеамурского осадочного бассейна на основе двумерных пространственно-временных цифровых моделей. Установлено, что в исследуемой части Переяславского и Нунцзян грабенов генерация

углеводородов началась в позднем олигоцене-раннем миоцене и продолжается в настоящее время (рис. 25). Моделирование показало, что наиболее перспективными являются кайнозойские отложения Саньцзян-Среднеамурского бассейна, залегающие на глубинах свыше 1200-1500 м. (Прохорова П.Н., Развозжаева Е.П., Исаев В.И. // Тихоокеанская геология. 2022. Т. 41. № 5. С. 71–81).

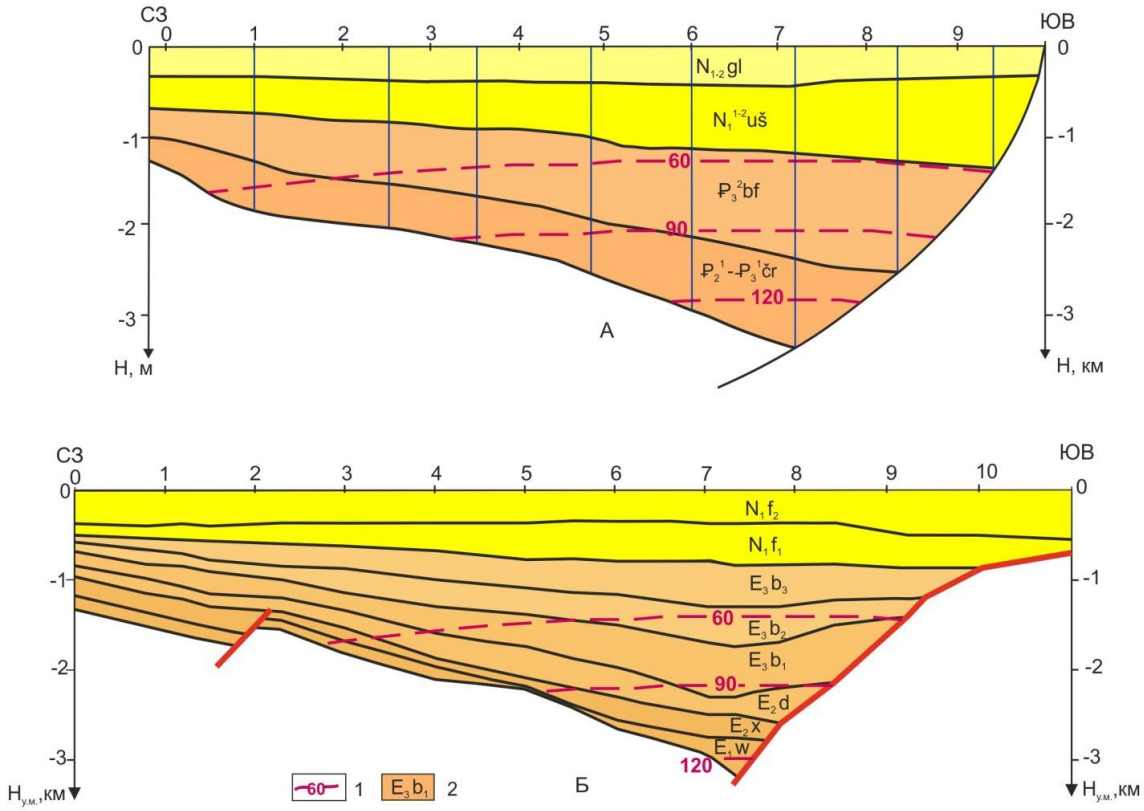

Рис. 25. Современные геотемпературные разрезы грабенов Восточной зоны Саньцзян-Среднеамурского осадочного бассейна: А – Переяславского (Оборское погружение), Б – Нунцзян. 1 – изотермы, °С; 2 – стратиграфическая приуроченность отложений.

Дана краткая сводка по юре Монголо-Охотской складчатой системы в рамках структурно-формационных зон с учетом последних изотопных измерений, детальных исследований микрофауны и новых данных, полученных в результате доизучения площадей для Государственных

геологических карт третьего поколения. Сделано предположение об отнесении Ульбанской зоны к Сихотэ-Алиньской складчатой системе (рис. 26). Изложенные современные представления о геологии этого региона могут служить надежной основой для геодинамических и минерагенических реконструкций. (Кириллова Г.Л. // Тихоокеанская геология. 2022. Т. 41. № 5. С. 33–42).

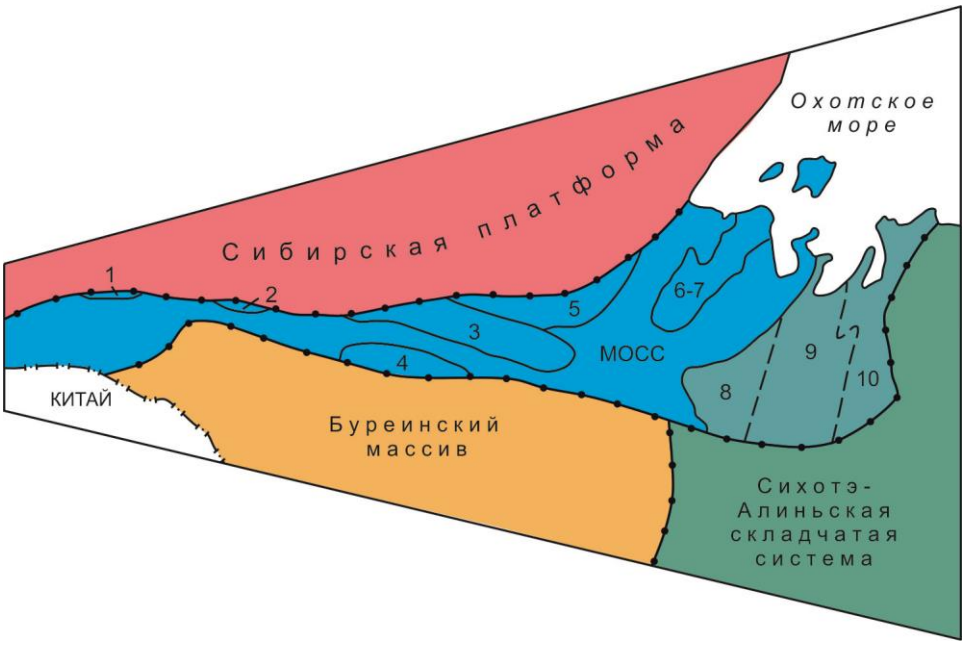

Рис. 26. Схема структурно-формационного районирования юрских отложений в восточной части Монголо-Охотской складчатой системы (МООС). 1–2 – Янкано-Тукурингрская зона: 1 – реки Долохит, Крестовка, 2 – междуречье Десс-Алла; 3 – Джагдинская зона, бассейны рек Дугда, Нора; 4 – Нинни-Сагаянская зона, река Сагаян; 5 – Удская зона, реки Суникан, Урми, Гербикан; 6–7 – Торомская зона: 6 – реки Ир, Эльга, 7 – побережье Тугурского залива; 8–10 – Ульбанская зона: 8 – Нимеленская подзона, бассейны рек Нимелен, Ассыни, 9 – Тугурская подзона, бассейны нижнего течения р. Амгунь, левобережье Охотского моря, 10 – Мевачанская подзона, бассейны рек Джали, Усальгин, Мухтель и побережье

Представлены результаты геохимических исследований мезозойских осадочных пород 18-ти километрового обнажения (Комсомольский опорный разрез, Северный Сихотэ-Алинь) с использованием современных методик. Минеральный состав обломочного материала песчаников, лито- и геохимические характеристики песчаников и алевролитов, отношения легких редкоземельных элементов к тяжелым, отрицательная европиевая аномалия свидетельствуют о происхождении осадочных пород из магматитов кислого состава: гранитоидов и гранито-гнейсов (рис. 27). Проведенные исследования расширяют фактологическую базу данных о терригенных породах Сихотэ-Алиньского орогенного пояса. (Медведева С.А. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2022. № 2. Вып. 54. С. 69–79).

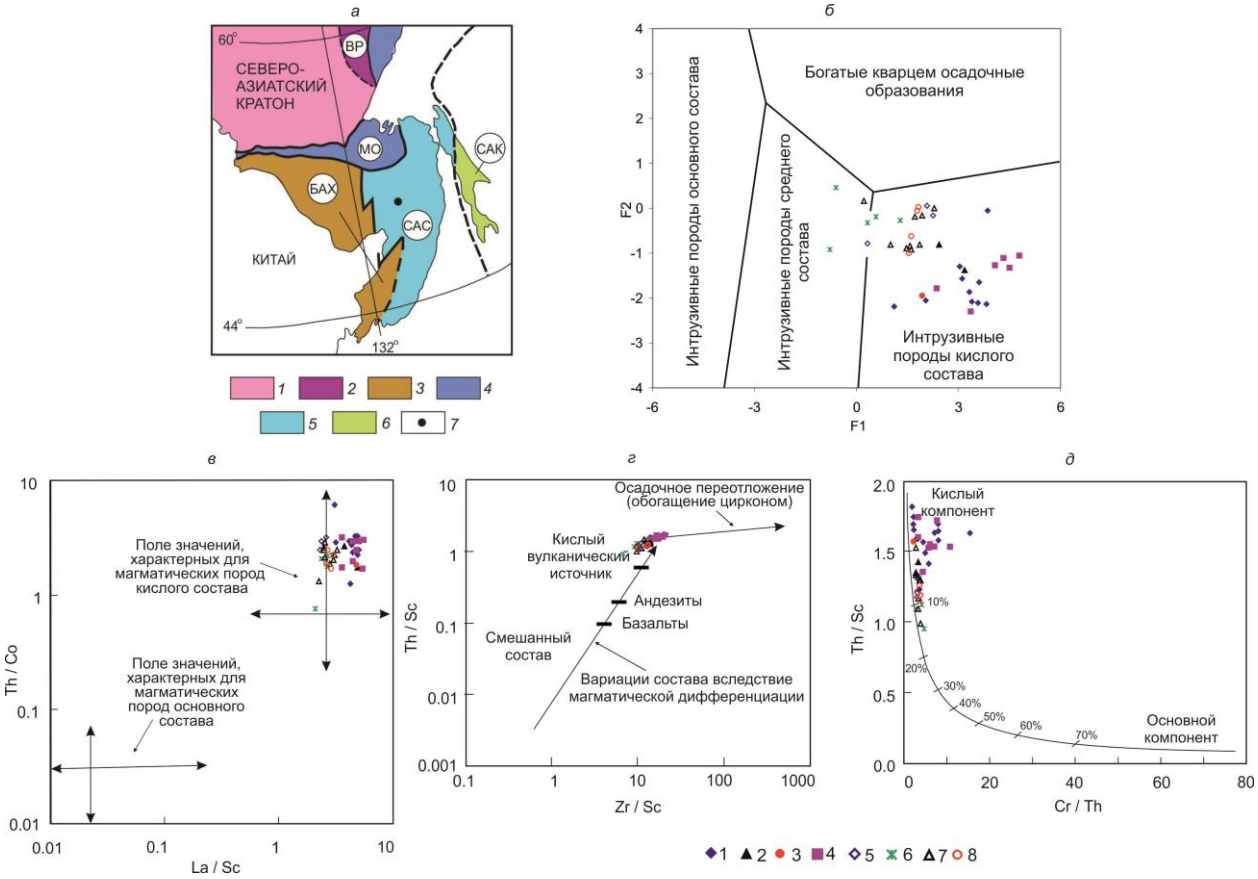

Рис. 27. а. Тектоническая карта юга Дальнего Востока России по [Кириллова и др., 2006]. 1 – Северо-Азиатский кратон; 2 – Верхоянская пассивная окраина (ВП); 3–6 – орогенные пояса: 3 – раннепалеозойский Бурея-Аргуно-Ханкайский (БАХ), 4 – среднеюрский Монголо-Охотский

(МО), 5 – раннемеловой Сихотэ-Алинь-Северо-Сахалинский (САС), 6 – раннекайнозойский Сахалинско-Камчатский (САК); 7 – район исследований. б – вероятный состав материнских пород областей питания для терригенных пород Комсомольского разреза по [Roser B.P., Korsch R.J.,1988].в-д – источники обломочного материала для терригенных пород Комсомольского разреза на диаграммах: в – по [Cullers R.L., 2002]; г – по [McLennan S.M., Hemming S., McDaniel D.K., Hanson G.N., 1993]; д – по [Condie K.C., Wronkiewicz D.A., 1990]. Положение фигуративных точек изученных пород на диаграммах: 1–4 – песчаники: 1 – верхневолжского подъяруса (J_3v_3), 2 – верхневолжского подъяруса – рязанского яруса (J_3v_3-K_1r), 3 – рязанского яруса (K_1r), 4 – нижнего валанжина (K_1v_1); 5–8 – алевролиты: 5 – верхневолжского подъяруса (J_3v_3), 6 – верхневолжского подъяруса (J_3v_3, он же титонский ярус, J_3tt) «немой» толщи, 7 – верхневолжского подъяруса – рязанского яруса (J_3v_3-K_1r), 8 – рязанского яруса (K_1r).

Интерпретация данных о строении, составе, источниках питания и обстановках формирования нижнемеловых терригенных отложений Северного Сихотэ-Алиня (бассейны рек Верх. Удоми, Мули, Бута) (рис. 28) свидетельствует, что осадконакопление происходило вдоль границы континент–океан в бассейне, связанном со сдвиговыми дислокациями по трансформным разломам. Область питания объединяла сушу, сложенную гранитно-метаморфическими и осадочными породами, зрелую окраинно-континентальную дугу и фрагменты аккреционных призм, содержащих офиолиты. Изученные отложения принадлежат, вероятно, раннемеловому Журавлевскому синсдвиговому террейну. (Малиновский А.И., Голозубов В.В., Медведева С.А. // Тихоокеанская геология. 2022. Т. 41. №6. С. 24–44).

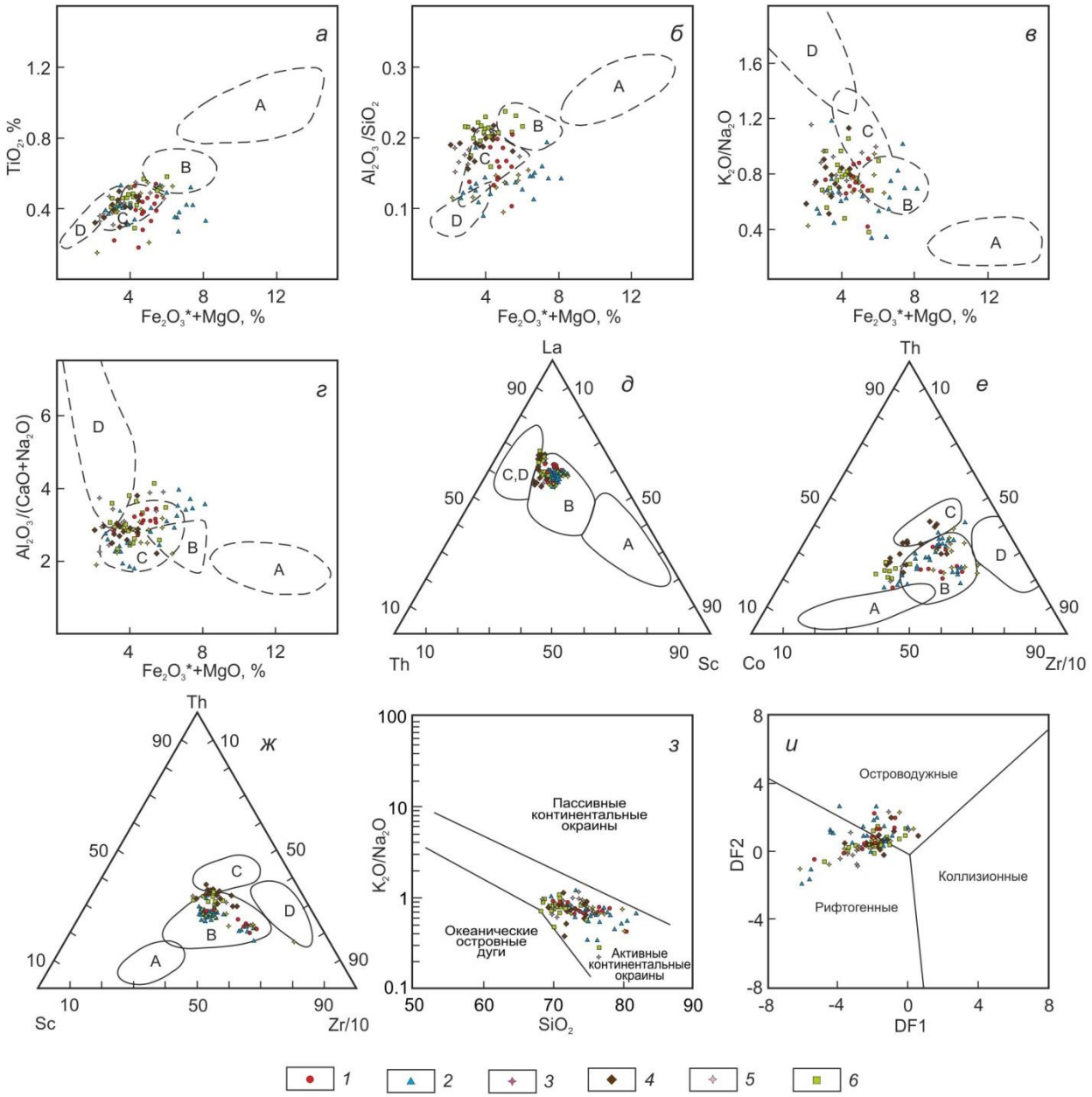

Рис. 28. Палеогеодинамические обстановки формирования терригенных отложений раннего мела Северного Сихотэ-Алиня на основании интерпретации геохимических данных. а–ж – типы седиментационных бассейнов [Bhatia M.R., 1983; Bhatia M.R., Crook K.A.W., 1986]. Поля значений геохимических параметров древних песчаников из бассейнов, сопряженных: A – с океаническими, B – с континентальными островными дугами, C – с активными, D – с пассивными континентальными окраинами. Fe_2O_3* – общее железо; з – бассейновые обстановки для песчано-алевритовых пород [Roser B.P., Korsch R.J., 1986]; и – возможные типы

геодинамических обстановок для высококремнистых пород [Verma S.P., Armstrong-Altrin J.S., 2013]. Свиты: 1–3 – район п. Высокогорный: 1 – журавлевская, 2 – ключевская, 3 – приманкинская; 4–6 – бассейн р. Бута: 4 – усть-колумбинская, 5 – приманкинская, 6 – каталевская.

Проведены работы по созданию и исследованию основных свойств фотокаталитически активных материалов цилиндрической формы. Показано, что полученные материалы систем (C-Zn) и (C-Ti) характеризуются приемлемой прочностью (10-15 MPa), равномерным распределением фотокаталитической фазы как по поверхности, так и по объему образца. Наибольшей сорбционной активностью фотокаталитические материалы обладают по отношению к катионным органическим соединениям (рис. 29). Показана эффективность фотоокисления метиленового синего под воздействием природного солнечного излучения в проточной установке при нескольких циклах регенерации поверхности цилиндрических фотокаталитических материалов, содержащих ZnO и TiO_2. (Zaitsev A.V., Astapov I.A. // Materials Letters. 2022. V. 310. 131509).

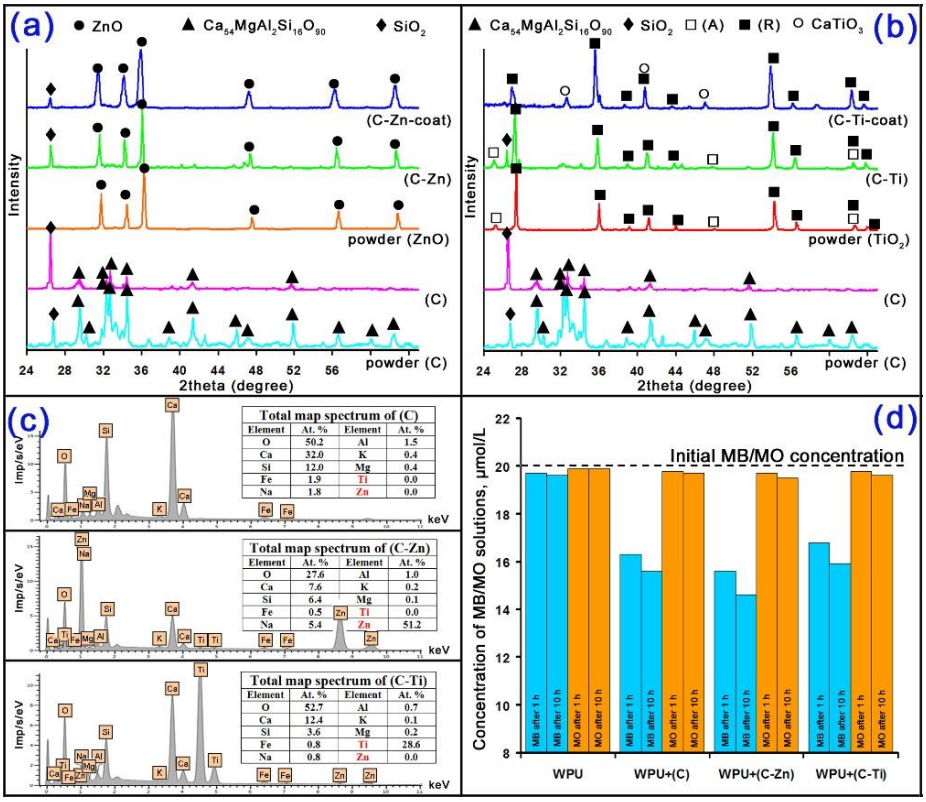

Рис. 29. Дифрактограммы образцов. a) – ZnO, (b) –TiO_2; (c) результаты EDX-анализа; (d) сорбционная активность.

Рассмотрены особенности распределения литогенных элементов в районе многолетней мерзлоты (бассейн р. Бурея). Показано, что биогеохимические процессы, происходящие в активном слое многолетнемерзлотных почв, оказывают влияние на поведении органических веществ и литогенных элементов при поступлении в малые водотоки, которые формируются в зоне таяния многолетней мерзлоты (рис. 30). В связи с этим, сток с заболоченных участков в более крупные реки может изменять их геохимический состав и трофический статус. (Кондратьева Л.М., Литвиненко З.Н., Андреева Д.В., Голубева Е.М. // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2022. № 3. С. 38–50).

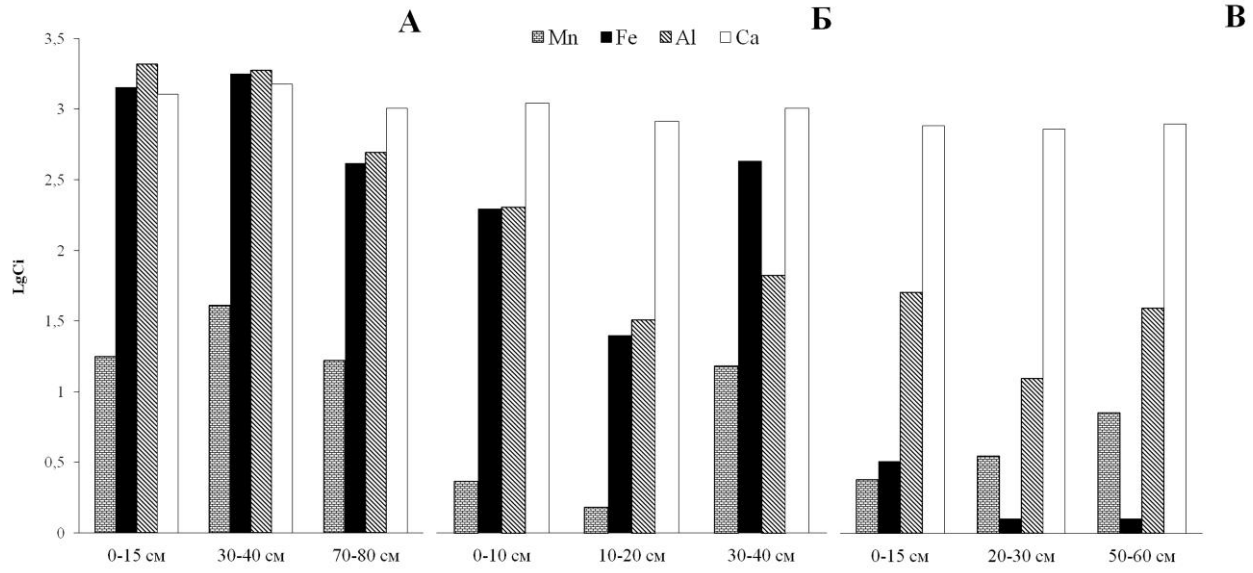

Рис. 30. Распределение литогенных элементов (Fe, Mn, Al) в водных экстрактах почв разных горизонтов в районах, не затронутых мерзлотой. А – левый берег р. Софрон), и на марях Б – долина р. Софрон; В – долина р. Якагулин).

Результаты основных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (разработок), законченных и готовых к практическому использованию

Проведены методические работы по оценке точности метода микросейсмического зондирования (МСЗ). Предложено использовать два статистических способа для оценки точности значений, приводимых на скоростных разрезах метода МСЗ. Выполнение разработанных методических рекомендаций необходимо для корректной интерпретации амплитудных вариаций, меньших по амплитуде, чем точность их определения. Обсуждаемый метод применен для исследования строения земной коры западной части Среднеамурского осадочного бассейна. В результате обработки результатов измерений были получены двумерные модели вариаций скоростей поперечных волн. Выявлено хорошее соответствие между построенными глубинными разрезами, результатами сейсмического профилирования и геоэлектрическим разрезом по данным аудио-магнитотеллурических зондирований. Уточнены границы Башмакского, Преображеновского, Самаро-Дитурского грабенов. (ИТиГ ДВО РАН, руководитель работы к.т.н. Пупатенко Виктор Викторович.

Проведены работы по созданию и исследованию основных свойств фотокаталитически активных материалов цилиндрической формы. Показано, что полученные материалы систем (C-Zn) и (C-Ti) характеризуются приемлемой прочностью (10-15 MPa), равномерным распределением фотокаталитической фазы как по поверхности, так и по объему образца. Наибольшей сорбционной активностью фотокаталитические материалы обладают по отношению к катионным органическим соединениям. Показана эффективность фотоокисления метиленового синего под воздействием природного солнечного излучения в проточной установке при нескольких циклах регенерации поверхности цилиндрических фотокаталитических

материалов, содержащих ZnO и TiO_2. (ИТиГ ДВО РАН совместно с ИВЭП ДВО РАН, руководитель работы от ИТиГ ДВО РАН к.ф.-м.н. Астапов Иван Александрович.

В 2022 г. опубликовано: 1 монография, 58 статей, в том числе 47 в отечественных и 11 в зарубежных изданиях, из них 57 в рецензируемых журналах; индексируемых в Web of Science – 30, в Scopus – 33.