

УДК 550.72

В.О. Мусихин

**ИССЛЕДОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ АКТИВАЦИИ
МЕДНО-НИКЕЛЕВОЙ РУДЫ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ
БАКТЕРИАЛЬНО-ХИМИЧЕСКОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ
В СРЕДЕ 9 К СИЛЬВЕРМАНА И ЛУНДГРЕНА**

Проведено исследование процесса бактериально-химического выщелачивания никеля, меди и кобальта из сульфидных руд, прошедших ультразвуковую активацию, месторождения Шануч Камчатской никеленосной провинции. Было определено влияние предварительного ультразвукового облучения частотой 40 кГц (15, 30, 45, 60 минут) пульпы без микроорганизмов на уровень извлечения целевых компонентов и процесс статичного биовыщелачивания.

Ключевые слова: бактериально-химическое выщелачивание, ультразвук, сульфидные руды, никель, медь, кобальт, извлечение металлов, сообщество микроорганизмов, биотехнология.

Бактериально-химическое выщелачивание – это процесс использования микроорганизмов для извлечения металлов из сульфидов и/или железосодержащих руд и минеральных концентратов. Железо и сульфиды поддаются микробиологическому окислению с образованием трехвалентного железа и серной кислоты. Эти химические вещества воздействуют на нерастворимые сульфиды металлов, таких как медь, никель и цинк [1, 2].

В последние десятилетия бактериально-химическое выщелачивание (БХВ) приобрело широкое применение для получения ценных компонентов из руд, отходов горнодобывающего производства, сточных вод и т.п. [3]. Данный метод используется промышленными компаниями разных стран, т.к. является экономически выгодным и экологически безопасным [4, 5].

Известно, что ультразвук способен усиливать химическое выщелачивание металлов из руд с несколькими преимуществами [6, 7]. Однако немногие исследования были проведены для оценки эффективности использования ультразвуковых волн с целью повышения извлечения металлов бактериально-химическим выщелачиванием [1, 8].

Ультразвуковое облучение разрушает слабосвязанные частицы руды, повышая гомогенизацию пульпы (тем самым увеличивая реакционную поверхность рудных частиц), участвует в формировании пор, увеличивая площадь взаимодействия кислоты (продуцируемой микроорганизмами) с минералами, что значительно сокращает время бактериально-химическое выщелачивания. Этот механизм действия доказан методами сканирующей электронной микроскопии [9].

Действие ультразвука на весь процесс БХВ описывается следующими положениями:

- дисперсия микробных клеточных агрегатов приводит к появлению в растворе большего количества единичных микроорганизмов, что интенсифицирует процесс выщелачивания металлов;
- инициация клеточного деления. Ускорение процесса бинарного деления снижает время удвоения микроорганизмов;
- содействие росту клеток (в низких дозах). Процесс клеточного деления занимает меньше времени, в сравнении с делением в нормальных условиях;
- быстрый рост культур, обусловленный повышенной скоростью диффузии различных веществ;
- дегазация, обусловленная УЗИ, удаляет избыток кислорода и диоксида углерода, обеспечивая благоприятную среду для роста микроорганизмов;
- увеличение скорости усвоения питательных веществ клеткой. Равномерное распределение питательных веществ по всему объёму пульпы;
- при кавитационных процессах, инициируемых УЗИ, происходит выделение тепловой энергии. Дополнительный источник тепла увеличивает темпы роста микроорганизмов;
- ультразвуковое воздействие увеличивает гомогенизацию пульпы. Равномерное распределение газов необходимо для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов [10, 11, 12, 13].

На сегодняшний день результатов проведённых работ недостаточно, что бы понять механизм действия ультразвука в полной мере. Оптимальные условия УЗИ при биовыщелачивании были получены только для микроорганизма *A. niger* в конкретных технических условиях [14]. Влияние ультразвука на другие микроорганизмы, применяемые в биовыщелачивании,

не изучено. Интерпретировать данные, полученные в опытах с *A. niger* на другие микроорганизмы, не представляется возможным по причине больших морфологических и физиологических различий микроорганизмов [1].

Поскольку ультразвуковое излучение имеет много точек приложения на процесс бактериально-химического выщелачивания, важно понимать механизм воздействия и следствия облучения каждой из составляющих общего процесса.

Материалы и методы

Руда

В работе использована сульфидная руда медно-никелевого месторождения Шануч с содержанием 60-90 % сульфидных минералов, из которых 65-75 % составляет пирротин, 20-25 % – пентландит, до 10 % – виоларит, до 5 % – халькопирит, до 3 % – пирит. Исходные концентрации металлов в образцах представлены в табл.1. Степень измельчения руды ≤ 100 мкм.

Таблица 1

Исходные концентрации металлов в образцах руды

Шифр пробы	Ni, %	Cu, %	Co, %	Fe ₂ O ₃ %
ТП-38	6,26	0,99	0,174	41,35

Бактериальная культура

В исследовании использована мезофильная микробная ассоциация, выделенная из образца руды ТП-38 месторождения Шануч. В реактор объемом 2л было добавлено 100 г сульфидной руды ТП-38 и 1,5 мл стерильной питательной среды 9К Сильвермана и Лундгрена без железа (рН \approx 1,8). Дальнейшее культивирование проводилось при 30 $^{\circ}$ С с перемешиванием пульпы 90 об/мин и аэрацией смеси – 2 л/мин до достижения плотности биомассы 10⁷ клеток/мл. Подсчет клеток производился с использованием светового микроскопа.

Эксперимент

Эксперимент по бактериально-химическому выщелачиванию проводили в шести литровых конических колбах. В каждую из ёмкостей было добавлено 150 г измельчённой руды и 750 мл минеральной среды. Ультразвуковую активацию руды осуществляли, обрабатывая ультразвуком пульпу, помещенную

в четыре колбы (15, 30, 45, 60 минут соответственно), из двух колб была сформирована контрольная группа (табл. 1). Облучение происходило в ультразвуковой ванне с термостатом Сапфир ТТЦ 28 с внутренним размером камеры 50*30*20см, ультразвуковым генератором с частотой 40 кГц, мощностью 240 Вт. После облучения во все колбы была одновременно добавлена суспензия микроорганизмов (0 сутки). Процесс бактериально-химического выщелачивания длился 35 суток, при комнатной температуре. Определение рН, Eh, концентрации ионов железа, было проведено на 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 16, 22, 28, 35 сутки, концентрация ионов никеля, меди, кобальта на 0, 1, 2, 6, 8, 12, 16, 22, 28, 35 сутки.

Таблица 2

Время облучения образцов

Шифр колбы	Время облучения, минут
K1	–
K2	–
15	15
30	30
45	45
60	60

Результаты и их обсуждение

На рис. 1–6 представлены результаты проведенного эксперимента (графики изменения рН, концентрации целевых металлов в жидкой фазе пульпы).

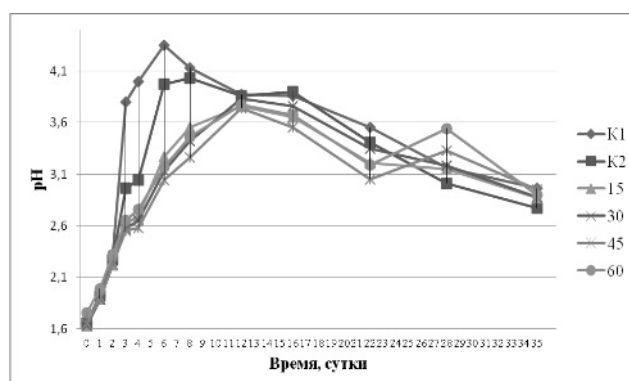


Рис. 1. Изменение рН в жидкой фазе пульпы

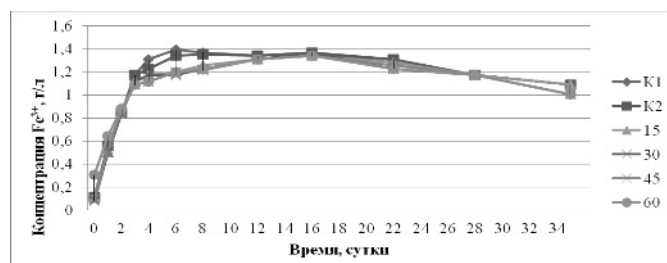


Рис. 2. Изменение концентрации ионов $Fe^{2+/3+}$ в жидкой фазе пульпы

Развитие микроорганизмов и выщелачивание металлов – это два процесса, проходящие вместе. Выщелачивание металлов, обусловленное действием микроорганизмов, главным образом зависит от синтеза кислот. Способность интенсифицировать производство кислот была принята в качестве основного критерия для выщелачивания металлов. Изменение pH представлено на рис. 1. Поведение графиков до 11 суток обусловлено, прежде всего, взаимодействием серной кислоты содержащейся в минеральной среде 9Ж и рудными минералами. Синтез кислот микроорганизмами (12–35 сутки), проходит схожим образом во всех колбах, вне зависимости от длительности ультразвуковой экспозиции. Поскольку водородный показатель отражает скорость деления и физиологическую активность микроорганизмов, можно предположить, что облучение не влияет на рудную компоненту, как на субстрат для микроорганизмов.

Из представленных данных о изменении концентрации ионов железа (рис. 3, рис. 4), можно заключить, что процесс генерации ионов Fe^{3+} , идёт одинаково медленно во всех колбах, вне зависимости от ультразвуковой активации, что согласуется с результатами полученными о изменении pH.

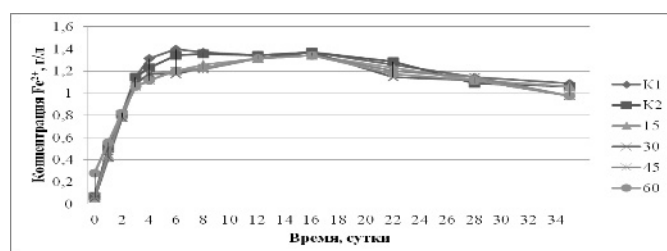


Рис. 3. Изменение концентрации ионов Fe^{2+} в жидкой фазе пульпы

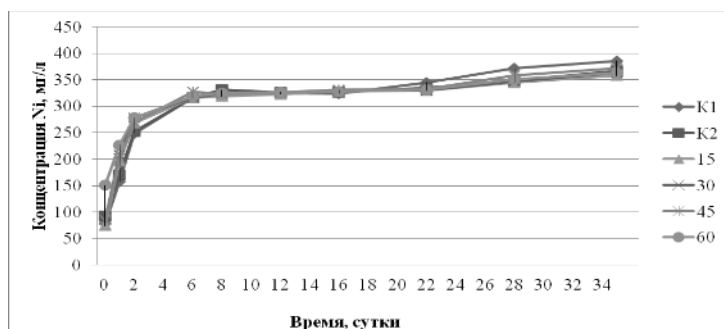


Рис. 4. Изменение концентрации никеля в жидкой фазе

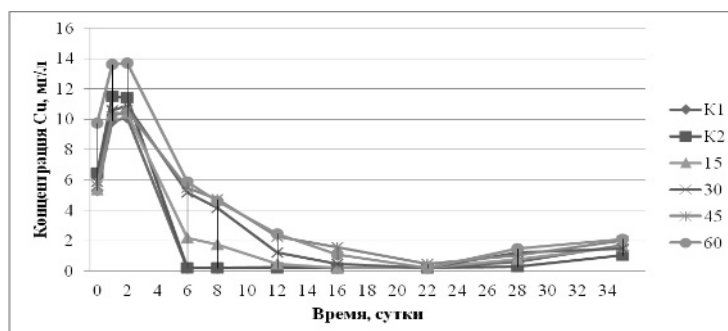


Рис. 5. Изменение концентрации меди в жидкой фазе

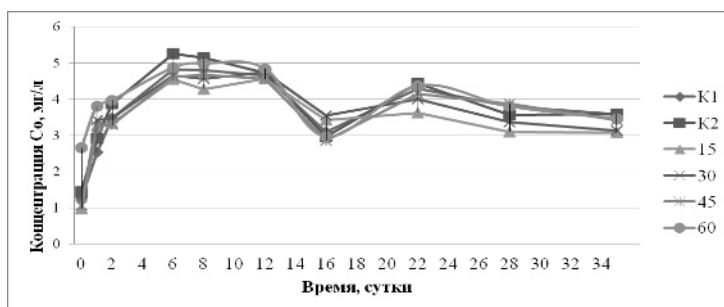


Рис. 6. Изменение концентрации кобальта в жидкой фазе

По представленным результатам видно, что извлечение металлов (Ni, Co, Cu) происходит одинаково во всех колбах. Достоверных различий в концентрациях металлов между различными колбами не обнаружено.

Выводы

Результаты исследований позволяют заключить, что предварительная ультразвуковая активация пульпы, при заданных характеристиках облучения, не имеет выраженного эффекта. Необходимо проведение дальнейших исследований для определения оптимального режима воздействия УЗИ на процесс бактериально-химического выщелачивания. Перспективны для исследования работы связанные с облучением суспензий клеток микроорганизмов перед процессом биовыщелачивания, воздействием УЗИ непосредственно на процесс бактериально-химического выщелачивания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мусихин В.О. Методы интенсификации процессов бактериально-химического выщелачивания воздействием ультразвукового излучения. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. специальный выпуск 2, С. 351-355
2. Киореску А.В., Мусихин В.О., Хомченкова А.С. Исследование процессов проточного бактериально-химического выщелачивания сульфидных медно-никелевых руд месторождения Шануч (Камчатка) // Горный информационно-аналитический бюллетень № 11. 2016. Специальный выпуск 31, С. 272-279.
3. Каравайко Г.И., Росси Дж., Агате А., Грудев С., Авакян З.А. Биогеотехнология металлов, практическое руководство. М., 1989
4. Киореску А.В., Мусихин В.О., Хомченкова А.С., Бальков А.А., Исследование чанового бактериально-химического выщелачивания сульфидных медно-никелевых руд месторождения Шануч (Камчатка) в проточном режиме. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. специальный выпуск 2, С. 360-365
5. Хайнасова Т.С., Рогатых С.В., Кузякина Т.И., Корнилова Т.И., Окисленная руда как источник выделения ацидофильных хемолитотрофных микроорганизмов для биовыщелачивания сульфидных медно-никелевых руд. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 10, С. 127-134
6. Okur H., Tekin T., Ozer A.K., Bayramoglu M., Hydrometallurgy 67 (2002) 79-86.
7. Swamy K.M., Narayana K.L., Ultrasonic assisted leaching, in: Mason T.J., Tiehm A., (Eds.), Advances in Sonochemistry, vol. 6, Elsevier, Amsterdam, 2001, pp. 141-179.
8. Mulligan C.N., Galvez-cloutier R., Bioleaching of copper mining residues by *Aspergillus niger*, Water Sci. Technol. 41 (12) (2000) 255-262.
9. Narayana K.L., Swamy K.M., Panchanadikar V.V., Kar R.N., Sukla L.B., Effect of ultrasonic irradiation on bioleaching of Sukinda nickel ore, Acoust. Lett. 18 (1995) 227-232.

10. Swamy K.M., Narayana, K.L., Vibhuti, N., Misra, Bioleaching with ultrasound. *Ultrason.Sonochem.* 12 (2005) 301–306.

11. R. Bar, Ultrasound-enhanced bioprocesses: cholesterol oxidation by *Rhodococcus erythropolis*, *Biotechnol. Bioeng.* 32 (1988) 655–663.

12. Chisti Y. Mass transfer, in: M.C. Flickinger, S.W. Drew (Eds.), *Encyclopedia of Bioprocess Technology: Fermentation, Biocatalysis, and Bioseparation*, vol. 3, John Wiley, 1999, pp. 1607–1640.

13. Мусихин В.О., Механизм воздействия ультразвукового излучения на процессы бактериально-химического выщелачивания. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. специальный выпуск 2, С. 356-359

14. Swamy K.M., Narayana, K.L., Vibhuti, N., Misra, Bioleaching with ultrasound. *Ultrason.Sonochem.* 12, (2005) 301–306. **МАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Мусихин В.О. – младший научный сотрудник лаборатории геохимии и геотехнологии, nigtc@kscnet.ru, Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук.



UDC 550.72

STUDY ULTRASONIC ACTIVATION COPPER-NICKEL ORES FOR THE PROCESS OF BIOLEACHING IN THE ENVIRONMENT 9 FOR SILVERMAN AND LUNDGREN

Musikhin V.O., junior scientist at laboratory of geochemistry and geotechnology, e-mail: nigtc@kscnet.ru, Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian academy of Science, Russia.

A study of the process of bacterial-chemical leaching of nickel, copper and cobalt in the flowing mode of the sulfide ores Kamchatka nickel-province (fieldShanuch). It was determined the effect of prior exposure of the ultrasonic frequency of 40 kHz (15, 30, 45, 60 minutes) in the pulp without microorganisms on extracting level of target components and static bioleaching process.

Key words: bacterial-chemical leaching, ultrasound, sulfide ores, nickel, copper, cobalt, metal extraction, a community of microorganisms, bioreactor, biotechnology.

REFERENCES

1. Musihin V.O. *Metody intensivatsii processov bakterialno-himicheskogo vishchelachivaniya vozdeystviem ultrazvukovogo izlucheniya* (Methods of intensification of processes of bacterial-chemical leaching the influence of ultrasonic radiation) // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten. 2015. Specialnyj vypusk 2, pp. 351–355.
2. Kioresku A.V., Musihin V.O., Homchenkova A.S. *Issledovanie processov protochnogo bakterialno-himicheskogo vishchelachivaniya sulfidnyh medno-nikelevyh rud mestorozhdeniya Shanuch (Kamchatka)* (Study of the processes of the flow of bacterial-chemical leaching of sulfide copper-Nickel ore deposits chanoch (Kamchatka)) // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten No 11. 2016. Specialnyj vypusk 31, pp. 272–279.
3. Karavajko G.I., Rossi Dzh., Agate A., Grudev S., Avakyan Z.A. *Biogeotekhnologiya metallov* (Biogeotechnology metals), prakticheskoe rukovodstvo. Moscow, 1989.
4. Kioresku A.V., Musihin V.O., Homchenkova A.S., Balykov A.A., *Issledovanie chenovogo bakterialno-himicheskogo vishchelachivaniya sulfidnyh medno-nikelevyh rud mestorozhdeniya Shanuch Kamchatka v protochnom rezhime* (Study heaps of bacterial-chemical leaching of sulfide copper-Nickel ore deposits chanoch (Kamchatka) in flow-through mode) // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten. 2015. Specialnyj vypusk 2, pp. 360–365.
5. Hajnasova T.S., Rogatyh S.V., Kuzyakina T.I., Kornilova T.I., *Okislennaya ruda kak istochnik vydeleniya acidofilnyh hemolitotrofnih mikroorganizmov dlya biovishchelachivaniya sulfidnyh medno-nikelevyh rud* (The oxide ore as a source of acidophilus chemolithotrophic selection of microorganisms for bioleaching sulfides copper-Nickel ores) // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten. 2013. No 10, pp. 127–134.

ПРИМЕЧАНИЕ

М.Д. Сидоров
**ВОКСЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ПЛОТНОСТИ
ЗЕМНОЙ КОРЫ КАМЧАТКИ**

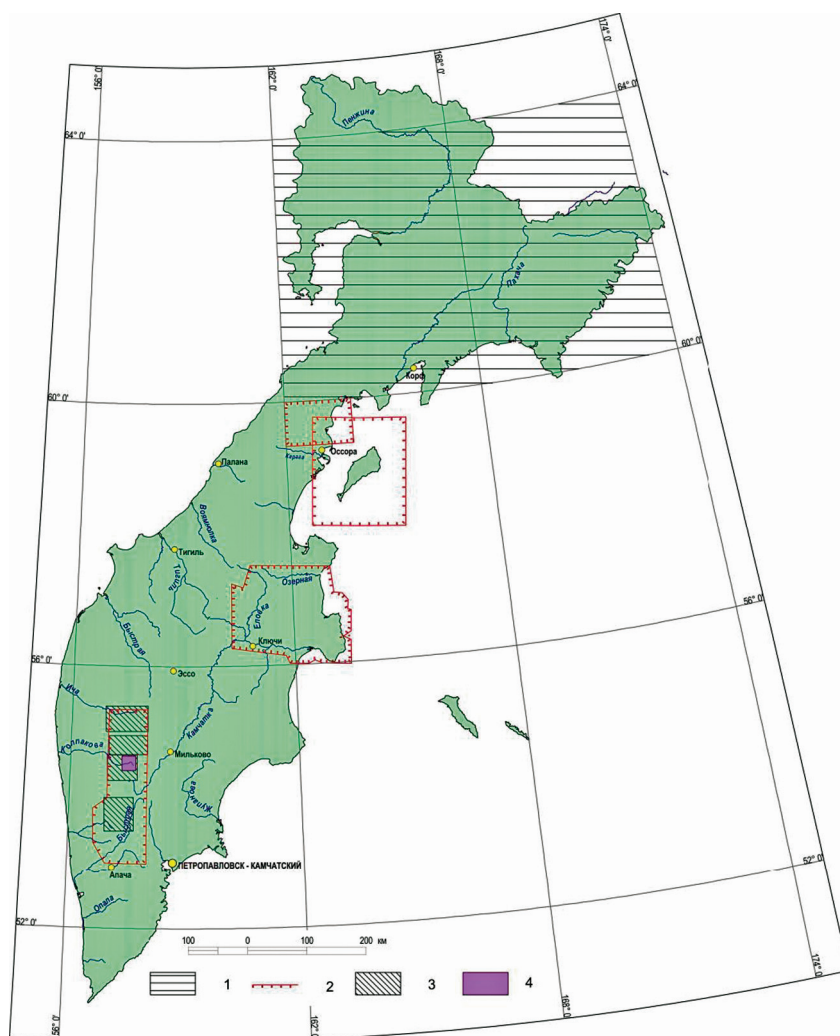


Рис. 1. Схема расположения блоков коры, для которых созданы воксельные плотностные модели с ребром кубической ячейки 4–5 км (1), 2–4 км (2), 1–0,5 км (3), 0,4 км (4)

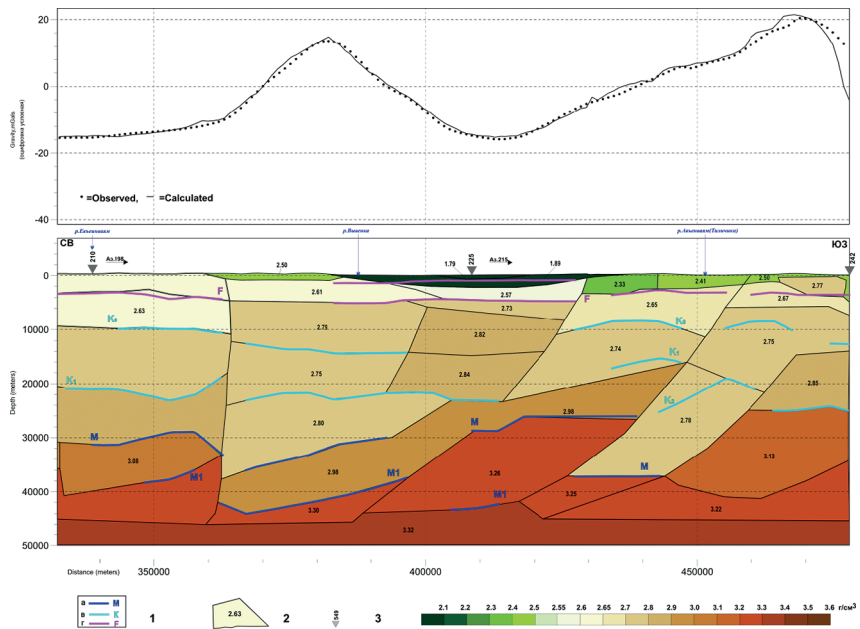


Рис. 2. Плотностная модель по региональному профилю МОВЗ п. Корф-п.В.Пенжино: 1 – сейсмические границы по данным МОВЗ: а – поверхность Мохо (М); б, в – внутрикоровые (F, K) сейсмические границы; 2 – блоки модели, цифрами показана средняя плотность блока, г/см³; 3 – пункты МОВЗ, их номера

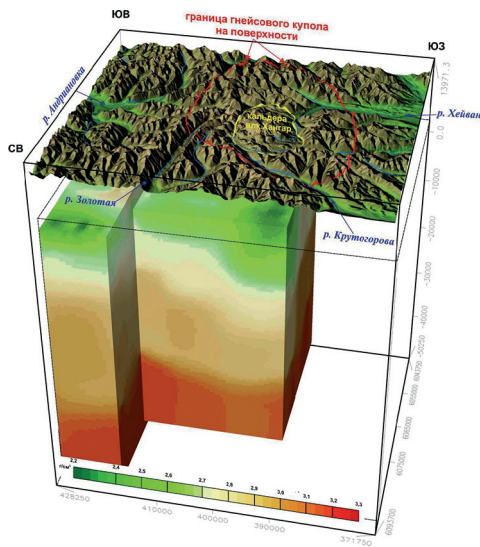


Рис. 3. Воксельная модель плотности блока земной коры в районе влк.Хангар (Срединный хребет, Камчатка). Вид с севера. Часть ячеек модели «загашена», поверхность рельефа поднята на 5 км, масштаб рельефа увеличен в 2 раза. Минимальный размер ячейки модели 0,5x0,5x0,5 км

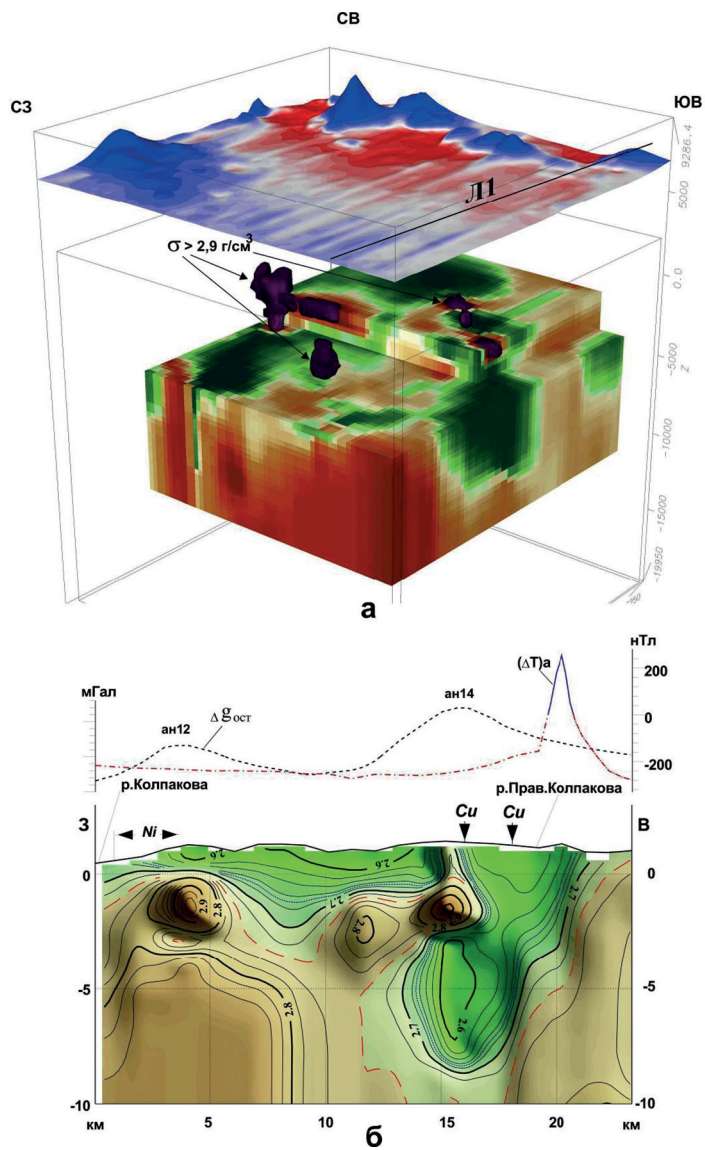


Рис. 4. Воксельная модель плотности блока земной коры в верхнем течении р. Колпакова (Срединный хребет, Камчатка). Вид с юго-запада (а) и разрез модели по линии Л1 (б). Часть ячеек модели «загашена», чтобы показать изоповерхности. Над блоком показано аномальное магнитное поле. Размер ячеек модели от 1х1х1км до 0,4х0,4х0,4 км

М.Д. Сидоров

**ТЕХНОЛОГИЯ ОБЪЕМНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ
ГЛУБИННОГО ПЛОТНОСТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР**

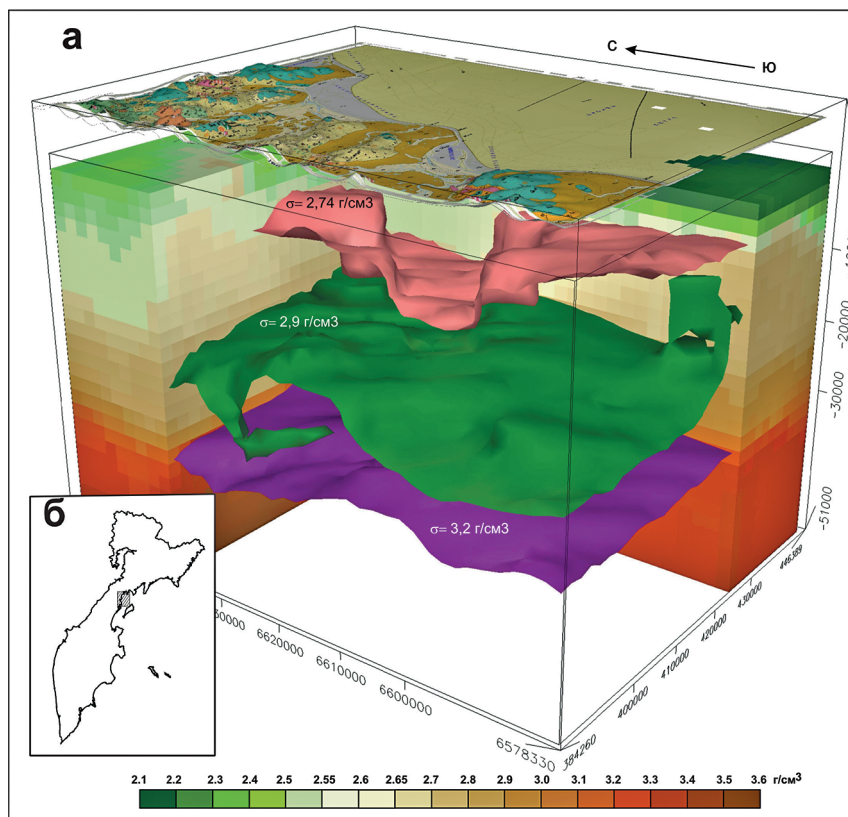


Рис. 1. Объемная плотностная модель блока земной коры листа О-58-III (а) и схема расположения (б). Вид с юго-запада. Размер ячеек $2 \times 2 \times 2$ км. Для наглядности часть ячеек погашена, чтобы показать изоповерхности. Вертикальный масштаб рельефа увеличен в три раза, а поверхность поднята на 3 км. Цифрами показаны плотности изоповерхностей

Р.М. Новаков, М.Д. Сидоров

НИКЕЛЕНОСТЬ МЕДНО-КОЛЧЕДАНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ В СЕРПЕНТИНИТАХ ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ

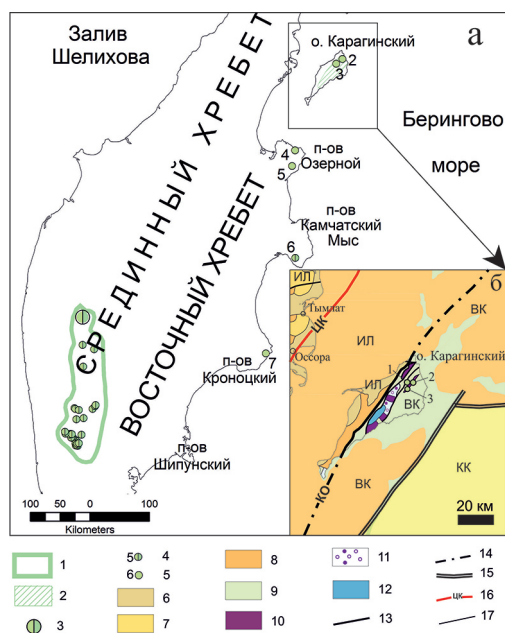


Рис. 1: а – схема расположения объектов с никелевой минерализацией на Камчатке (1–5): 1 – Камчатская никеленосная провинция; 2 – Карагинская прогнозируемая ртутно-меднорудная зона; 3 – медно-никелевое месторождение Шануч; 4, 5 – проявления, пункты минерализации, их номера: 4 – медно-никелевые, 5 – медные с никелем; б – тектоническая схема района о-ва Карагинский по [19] (5–17): 5 – медные с никелем рудопроявления и их номера; 6 – эоплейстоцен-голоценовые прибрежно-морские, морские отложения и доплейстоцен-голоценовые вулканогенные образования; 7 – среднемиоцен-плиоценовые

морские отложения и миоценовые, среднемиоценплиоценовые вулканогенные образования; 8 – среднеэоцен-нижнемиоценовые осадочные отложения, среднеэоцен-олигоценные вулканогенные образования; 9 – раннемеловые метаморфизованные вулканогенные образования, раннемеловые-раннеэоценовые вулканогенно-терригенные, раннемеловые-палеогеновые кремнисто-вулканогенные и кремнисто-вулканогенно-терригенные образования; 10 – массивы серпентинизированных гипербазитов дунит-гарцбургитовой формации карагинского плутонического комплекса позднемелового возраста; 11 – полимиктовый серпентинитовый меланж; 12 – кристаллические сланцы; 13, 14 – Карагинско-Озерновский разлом: 13 – выходящий на земную поверхность, 14 – скрытый под вышележащими образованиями; 15 – разломы, ограничивающие Командорскую впадину; 16 – Центрально-Камчатский разлом (выделен по геофизическим данным); 17 – второстепенные разломы. Номера медных, никелево-медных и медно-никелевых проявлений и пунктов минерализации на схемах а и б: 1 – Железное, 2 – Монолитное, 3 – Маркеловское, 4 – Рыцарь, 5 – Гребень, 6 – Горы Голой, 7 – Междуречье Большая-Буй. Буквенные обозначения на схеме б: КК – Командорская котловина, ВК – Восточно-Камчатский горст-антиклинорий, ИЛ – Ильпинско-Литкенский прогиб, ЦК – Центрально-Камчатский разлом, КО – Карагинско-Озерновский разлом

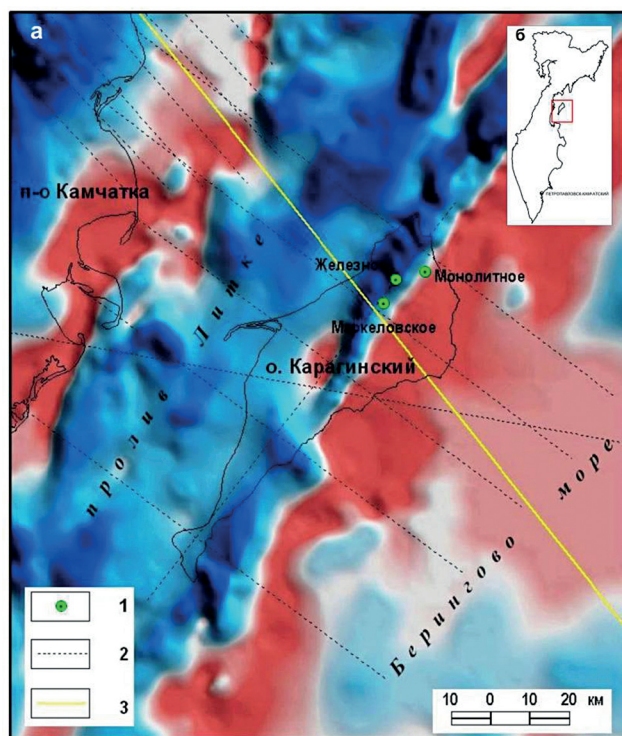


Рис. 2. Схема расположения расчетных профилей (а) и положение площади исследований (б). Условные обозначения: 1 – рудопроявления никеля; 2 – расчетные профили плотностных моделей; 3 – линия разреза (рис. 3). В качестве подложки показано аномальное магнитное поле: синим цветом – положительное, красным – отрицательное

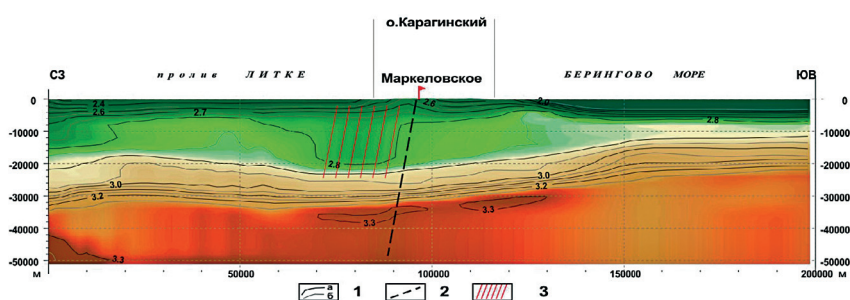


Рис. 3. Вертикальный разрез плотностной модели через рудопроявление Маркеловское: 1 – Изоденсы в $г/см^3$ основные (а), промежуточные (б); 2 – осевая линия разлома; 3 – зона разуплотнения в верхней коре

В.В. Таскин
СОПОСТАВЛЕНИЕ МОДЕЛИ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ
РАЗДРОБЛЕННОСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ С РЕЗУЛЬТАТАМИ
ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

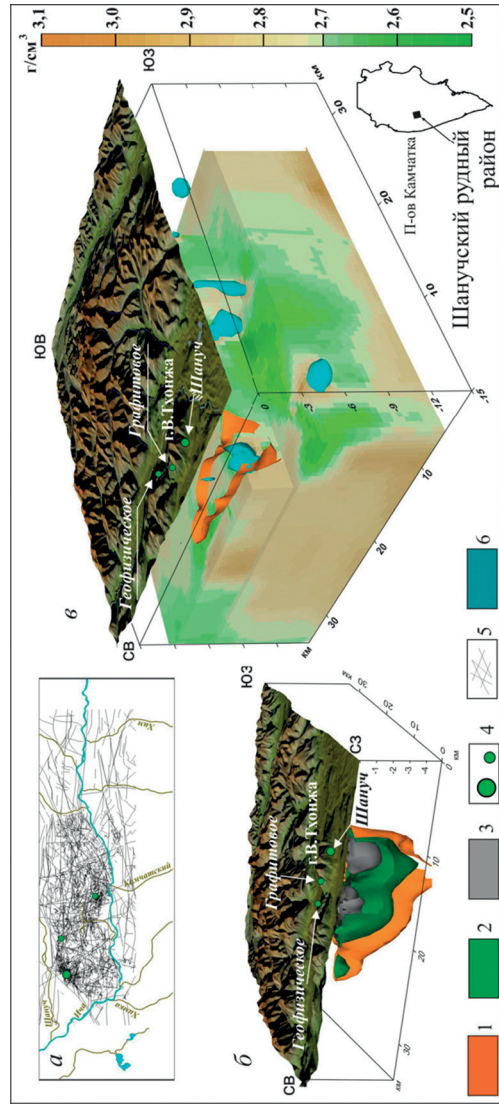


Рис. 1. Карта линейной сети северной части Шанучского рудного района составленная по результатам дешифрирования АФС и КС (а), блок-диаграмма изоповерхностей повышенной трещиноватости (б), воксельная (объемная) плотностная модель верхней части земной коры Шанучского рудного района, вид с северо-запада (в). На фрагментах б, в масштаб рельефа увеличен в два раза, а его поверхность поднята на 1 км. Ячейки на фрагменте б погашены полностью, чтоб показать изоповерхности, а на фрагменте в – частично. 1 – 3 изоповерхности с УДП 0,12, 0,15 и 0,2 км⁻¹ соответственно; 4 – месторождение и проявления сульфидных медно-никелевых руд; 5 – линейменты; 6 – изоповерхность с плотностью 2,86 г/см³

М.Д. Сидоров

ПЛОТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ КАМЧАТСКОГО СРЕДИННОГО МАССИВА

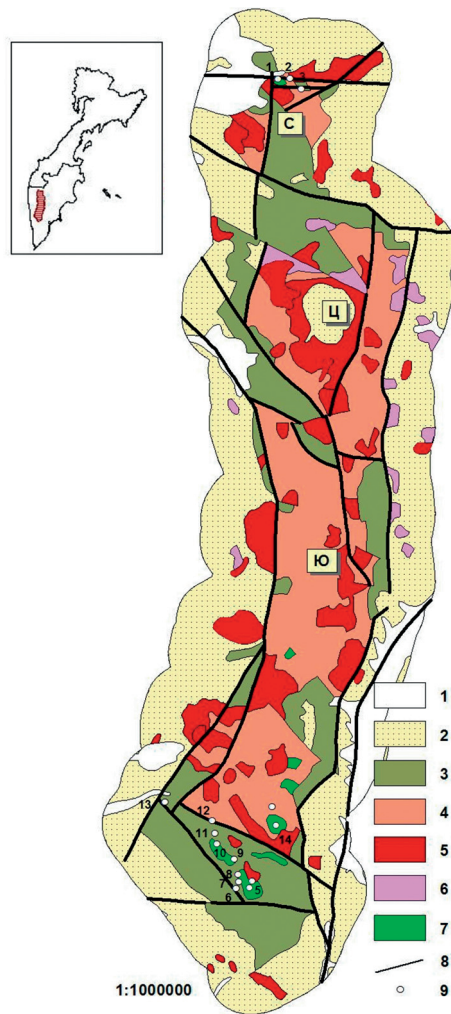


Рис. 1. Схема геологического строения КСМ. Условные обозначения. 1 – рыхлые отложения; 2 – Квартер-верхний мел. Структуры обрамления: терригенные и вулканогенные отложения; 3 – Палеозой-мезозой. Верхний структурный ярус. Зеленосланцевые терригенные и вулканогенные толщи; 4 – Протерозой. Нижний структурный ярус. Метаморфические серии кристаллических сланцев и гнейсов. 5–7 – плутонические комплексы: гранитов, гнейсоплагиогранитов, гранодиоритов (5), базит-ультрабазитов: андриановский мегааббровый, левоандриановский дунит-клинопироксенит-монцитовый (6), дукукский габбро-норит-кортландитовый (7); 8 – главные структурообразующие разломы; 9 – месторождение и проявления медно-никелевых руд: 1 – Шануч; 2 – Графитовый; 3 – Вост. Геофизический; 5 – Кувалорог; 6 – Олень; 7 – Нижнемедвежье; 8 – Аннабергитовая шель; 9 – Северное; 10 – Кортландитовое; 11 – Ясное; 12 – Квинум (I, II); 13 – Тундровое; 14 – Дукукское. С – северная, Ц – центральная, Ю – южная части КСМ

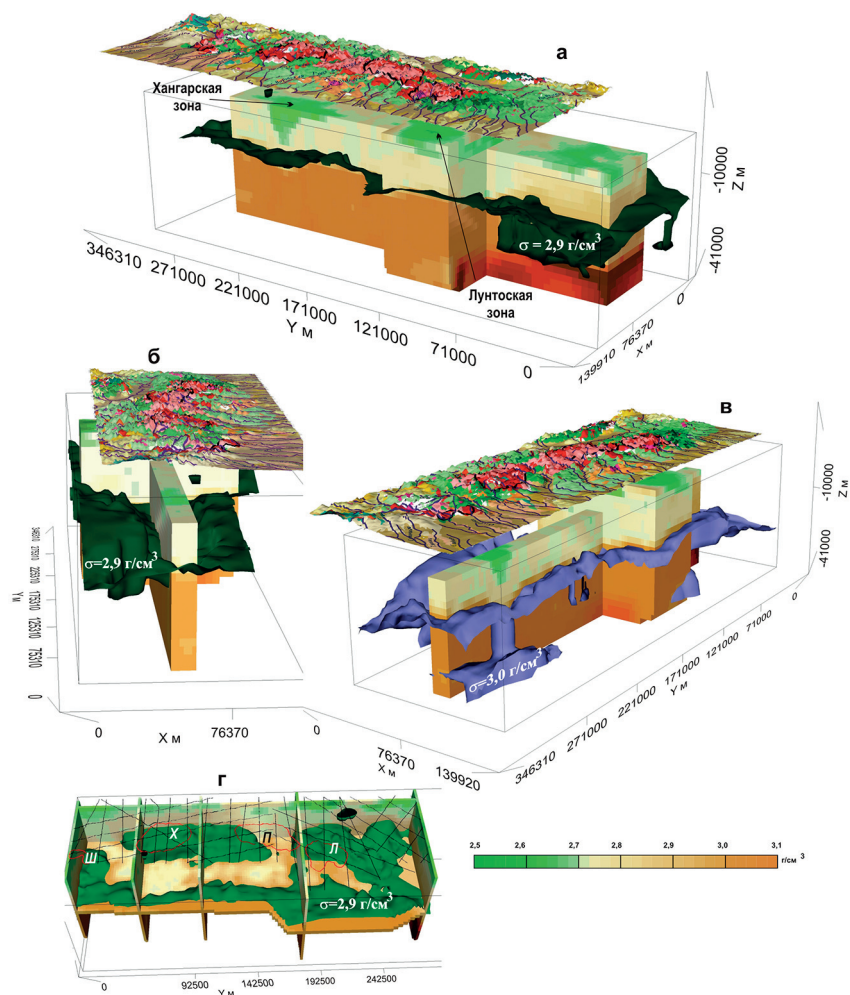


Рис. 3. Плотностная модель блока земной коры района КСМ и смежной территории: вид с юго-запада (а), севера (б), северо-запада (в) и запада (г). Вертикальный масштаб увеличен в два раза, часть ячеек «погашена», чтобы показать изоповерхности. Рельеф поднят на 3 км и задрapирован изображением геологической карты (а-в), показано положение разрезов и контуры гранито-гнейсовых куполов (г) и морфология изопоплотностных поверхностей. Гранито-гнейсовые куполы: Лунтоский (Л), Пымтинский (П), Хангарский (Х), Шанучский (Ш)

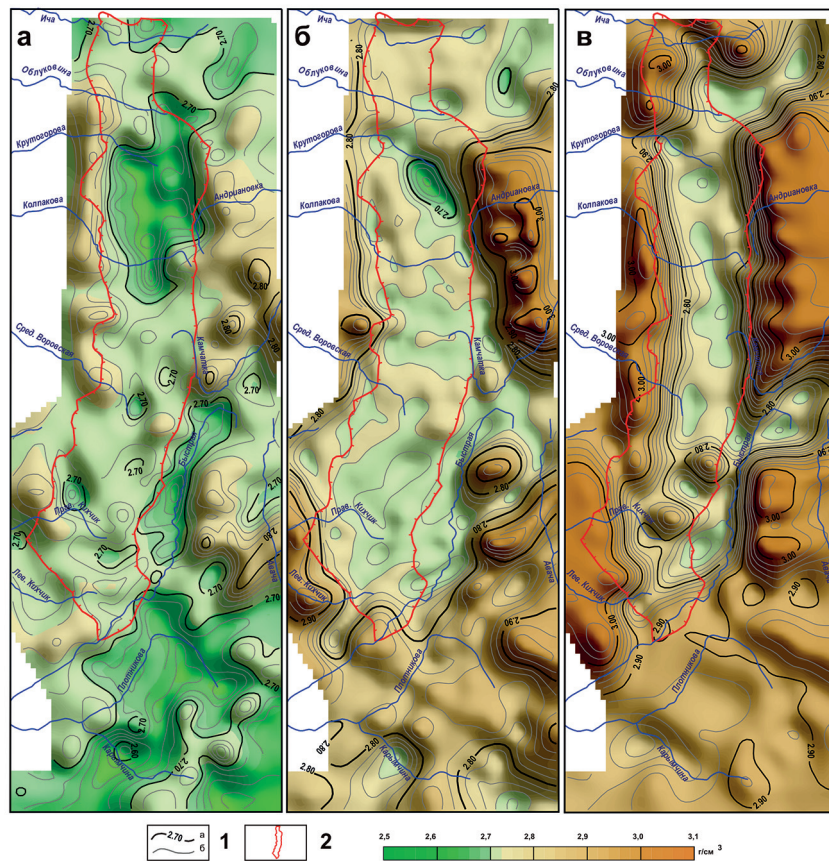


Рис. 4. Сечения плотностной модели КСМ на глубине 3 км (а), 10 км (б), 15 км (в) ниже уровня моря. Условные обозначения: 1 – изоденсы основные (а), промежуточные (б); 2 – граница КСМ. Промежуточные изоденсы проведены через 0,2 г/см³

Р.М. Новаков, С.В. Паламарь, В.В. Таскин

**ПЛАТИНОИДНО-МЕДНО-НИКЕЛЕВАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ
В ОФИЛИТАХ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТСКИЙ МЫС
(КАМЧАТКА)**



Рис. 1: а — схема расположения объектов с никелевой минерализацией на Камчатке (1–4): 1 – Камчатская никеленосная провинция, 2 – медно-никелевое месторождение Шануч; 3, 4 – проявления, пункты минерализации, их номера: 3 – медно-никелевые, 4 – медные с никелем. б – схема геологического строения южной части п-ова Камчатский Мыс (5–11): 5 – гипербазиты, 6 – габброиды, 7 – полимиктовый серпентинитовый меланж, 8 – вулканогенно-кремнистые отложения смагинской свиты, 9 – палеоценовые терригенные отложения, 10 – рыхлые плиоцен-четвертичные отложения, 11 – разрывные нарушения. Схема составлена по [1, 6, 9, 10, 11] с изменениями и дополнениями. Номера медных, никелево-медных и медно-никелевых проявлений и пунктов минерализации на схемах: 1 – Железное, 2 – Монолитное, 3 – Маркеловское, 4 – Рыцарь, 5 – Гребень, 6 – Горы Голой, 7 – Междуречье Большая-Буй

О.Б. Селянгин
**СТРОЕНИЕ, ВЕЩЕСТВО И БЛИЗПОВЕРХНОСТНЫЕ
МАГМАТИЧЕСКИЕ ОЧАГИ ВУЛКАНОВ МУТНОВСКИЙ
И ГОРЕЛЫЙ (МУТНОВСКИЙ ГЕОТЕРМАЛЬНЫЙ РАЙОН,
КАМЧАТКА). II. ВУЛКАН МУТНОВСКИЙ**

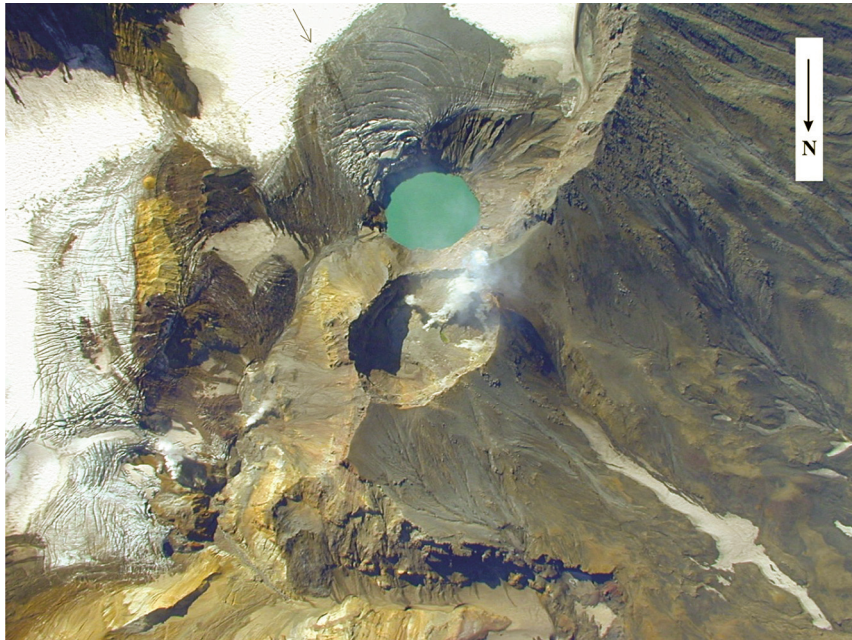


Рис. 4. Вершинная зона вулканов Мутновский-3 и Мутновский-4 и трещина извержения 2000 г (отмечена стрелкой). Ср. с рис. 1 и 6. Август 2003 г. Аэроснимок Н.И. Селиверстова

О.Б. Селянгин

СТРОЕНИЕ, ВЕЩЕСТВО И БЛИЗПОВЕРХНОСТНЫЕ МАГМАТИЧЕСКИЕ ОЧАГИ ВУЛКАНОВ МУТНОВСКИЙ И ГОРЕЛЫЙ (МУТНОВСКИЙ ГЕОТЕРМАЛЬНЫЙ РАЙОН, КАМЧАТКА). III. ГОРЕЛОВСКИЙ ВУЛКАНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР МУТНОВСКОГО ГЕОТЕРМАЛЬНОГО РАЙОНА

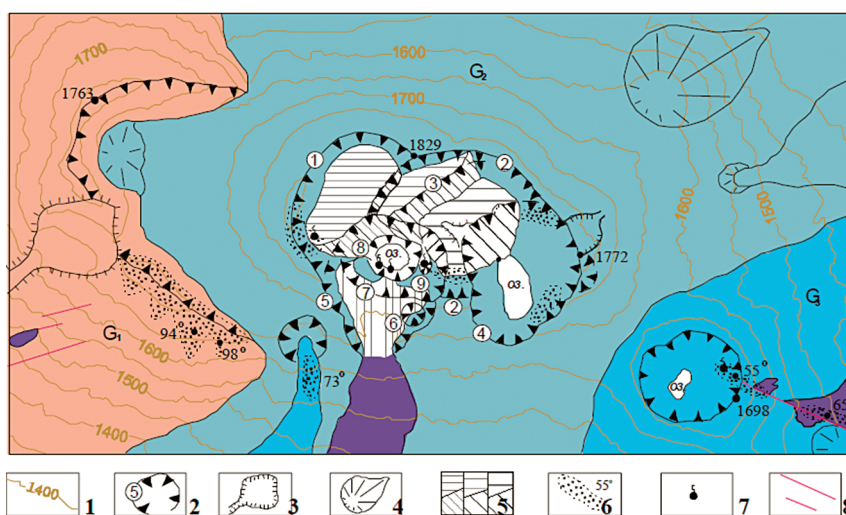


Рис. 2. Геолого-морфологическая схема вершинной зоны вулкана Горелый: 1 – изолинии рельефа; 2 – кратеры вулкана Горелый-2 и их номера – от ранних к поздним; 3 – бровки эрозионных рытвин и барранкосов; 4 – шлаковые конусы побочных прорывов; 5 – комплексы заполнения кратеров вулкана Горелый-2; 6 – термальные площадки и значения температур их разогрева в 1980 г.; 7 – выходы парогазовых струй (фумаролы, сольфатары, мофеты); 8 – трещины. Цветом и индексами G1–3 показаны комплексы вулканитов основных конусов, составляющих постройку вулкана Горелый (Горелый 1–3) и молодых излияний, соответственно карте рис. 1, в [20]

А.Г. Нурмухамедов

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ АВАЧИНСКОЙ ГРУППЫ ВУЛКАНОВ И ЕЁ ФЛАНГОВ

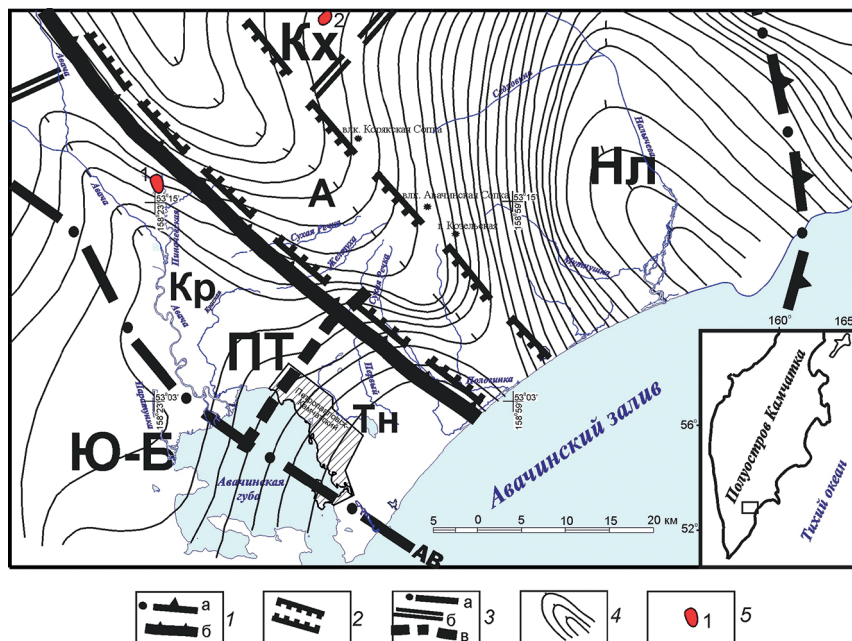


Рис. 1. Обзорная тектоническая схема (по Апрелькову С.Е., Ольшанской О.Н. (1986))¹. Условные обозначения: 1 – границы антиклинориев и горстовых поднятий: нормальные (а) и тектонические (б); 2 – границы новейшего грабена; 3 – разломы: региональный — Авачинский (а), разделяющие крупные блоки (б), делящий Петропавловский горст на Краснореченскую депрессию и Тундровое поднятие; 4 – изолинии гравитационного поля; 5 – месторождения термальных вод: 1 – Кеткинское, 2 – Верхне-Налычевское. Обозначение структур: Ю-Б – Южно-Быстринский блок, Нл – Налычевское поднятие, Пт – Петропавловский горст, А – Авачинский грабен, Кх – Китхойская вулcano-тектоническая структура, Кр – Краснореченская депрессия, Тн – Тундровое поднятие

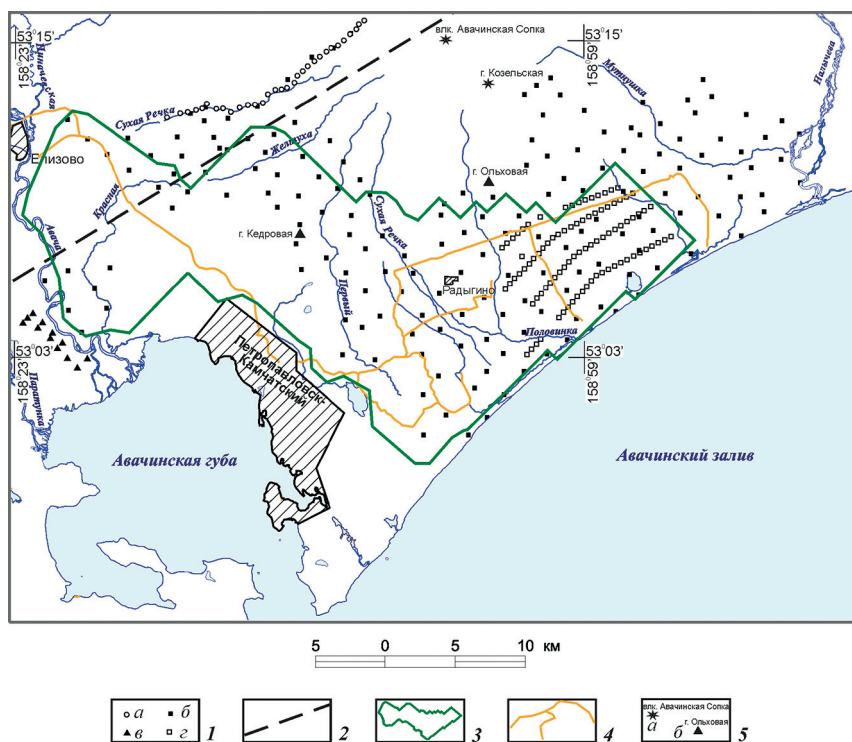


Рис. 2. Карта фактического материала геофизических работ. Условные обозначения: 1 – токи МТЗ отработанные: вдоль юго-западной части профиля р. Сухая речка – р. Седловина (а), по сети $\sim 2 \times 2$ км (б), на участках Николаевском (в) и Радыгинском (г); 2 – линия сейсмопрофиля КМПВ-ГСЗ [7]; 3 – контуры участка гравиметрической съемки м-ба 1:50 000; 4 – дороги; 5 – вулканы (а), вершины (б)

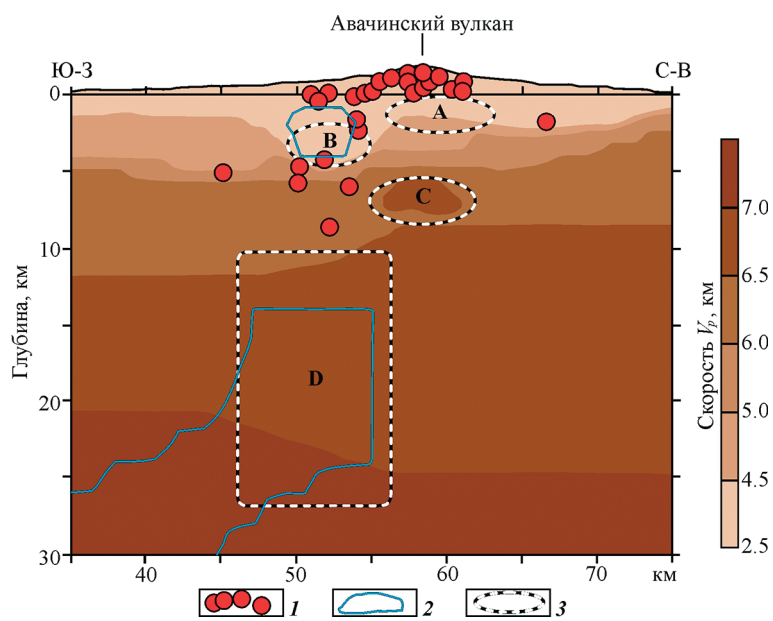


Рис. 3. Сейсмическая модель земной коры в районе Авачинского вулкана в сопоставлении с данными электропроводности [17]. Условные обозначения: 1 – гипоцентры вулканических землетрясений; 2 – зоны повышенной электропроводности; 3 – аномальные зоны в сейсмических волнах: А – зона поглощения высокочастотной составляющей спектра сейсмических волн, В и D – зона пониженной скорости, С – зона повышенной скорости (интрузия)

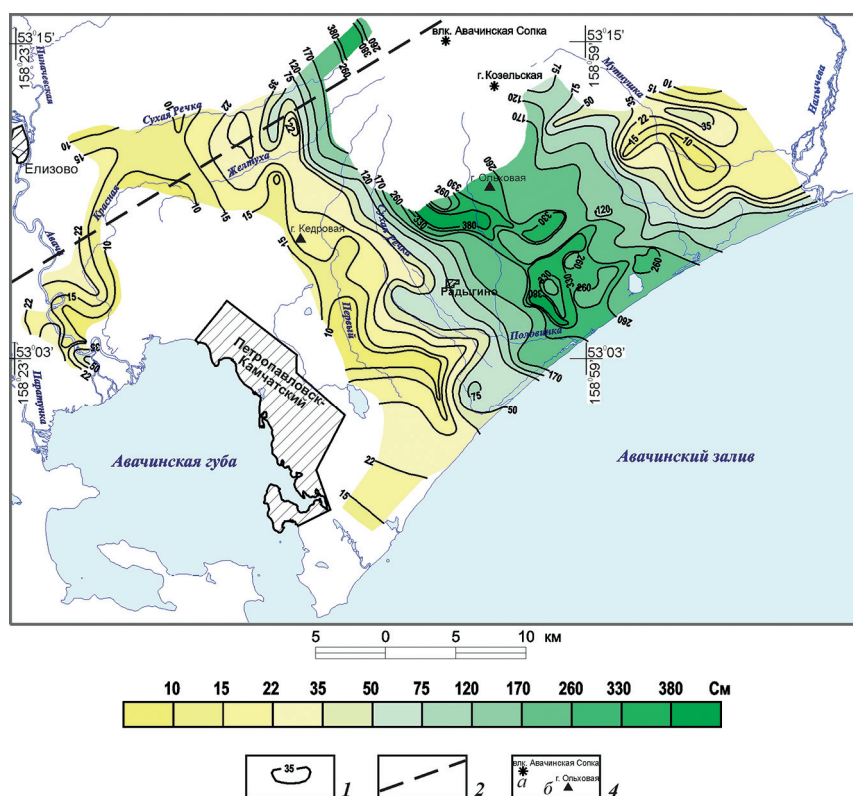


Рис. 4. Карта суммарной продольной проводимости (S) до поверхности высокоомного основания. Условные обозначения: 1 – изолинии S и значения проводимости в сименсах (См); 2 – линия сейсмопрофиля КМПВ-ГСЗ [7]; 3 – вулканы (а), вершины (б)

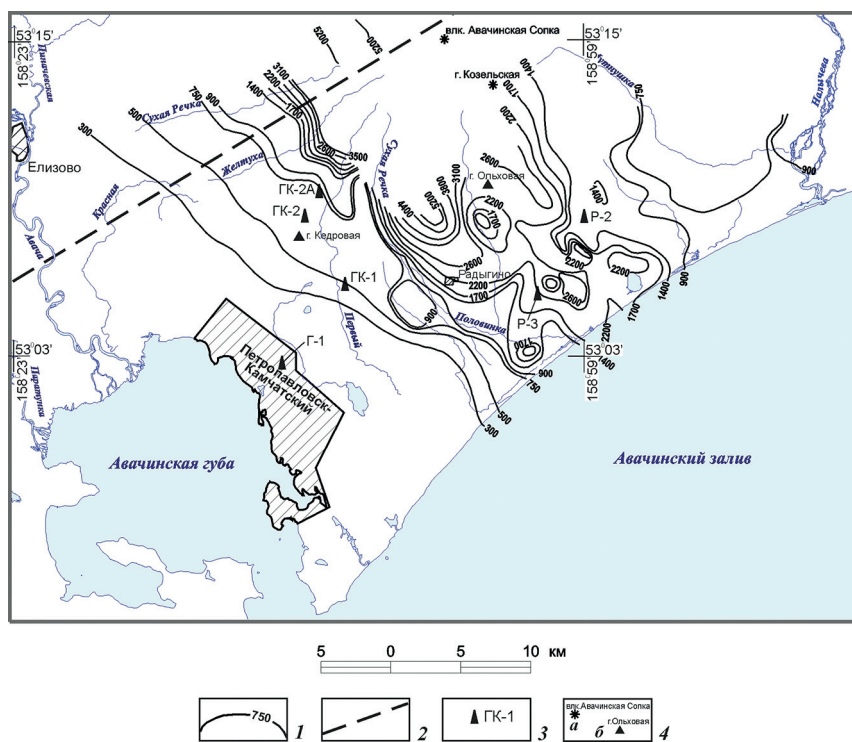
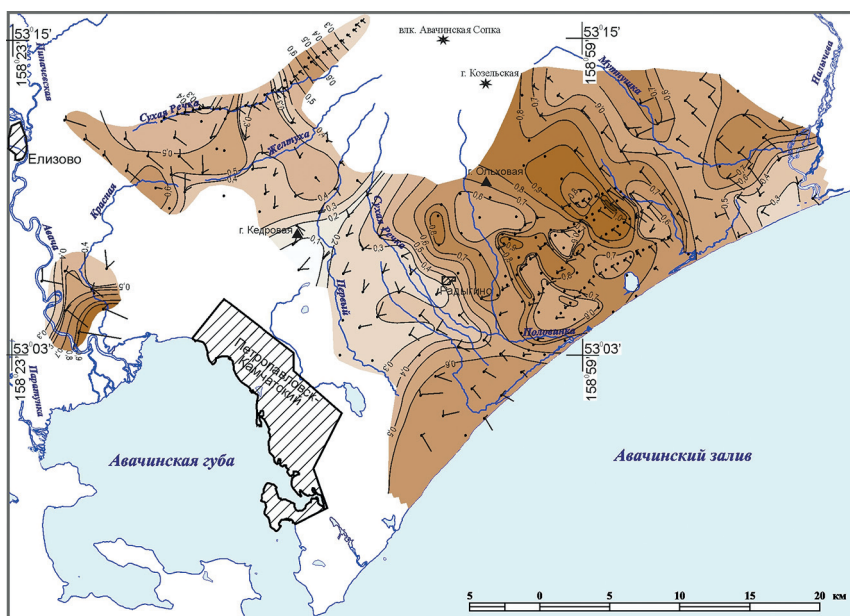


Рис. 5. Карта глубин до высокоомного основания (верхнемелового комплекса пород). Условные обозначения: 1 – изолинии и значения глубин в метрах (м); 2 — линия сейсмопрофиля КМПВ-ТСЗ [7]; 3 – пробуренные скважины и их номера; 4 — вулканы (а), вершины (б)



Шкала интенсивности

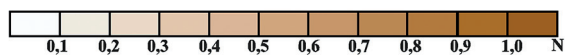


Рис. 7. Карта параметра неоднородности N . Условные обозначения:
 1 – изолинии N и их значения в условных единицах (а), векторы Эггера (б);
 2 – вулканы (а), вершины (б)

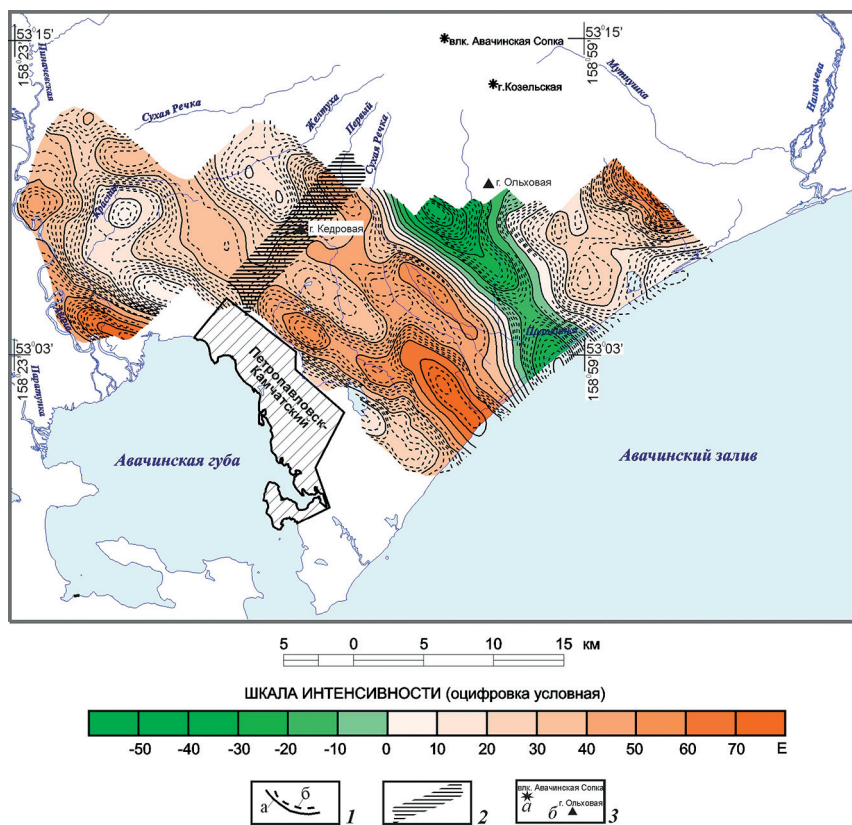


Рис. 8. Карта трансформированного гравитационного поля. Вторая вертикальная производная – 10 гармоник (уровень условный). Условные обозначения: 1 – изолинии V_{zz} и их значения в этвешах (E): через 10E (а), через 2E (б); 2 – зона глубинного разлома северо-восточного простирания; 3 – вулканы (а), вершины (б)

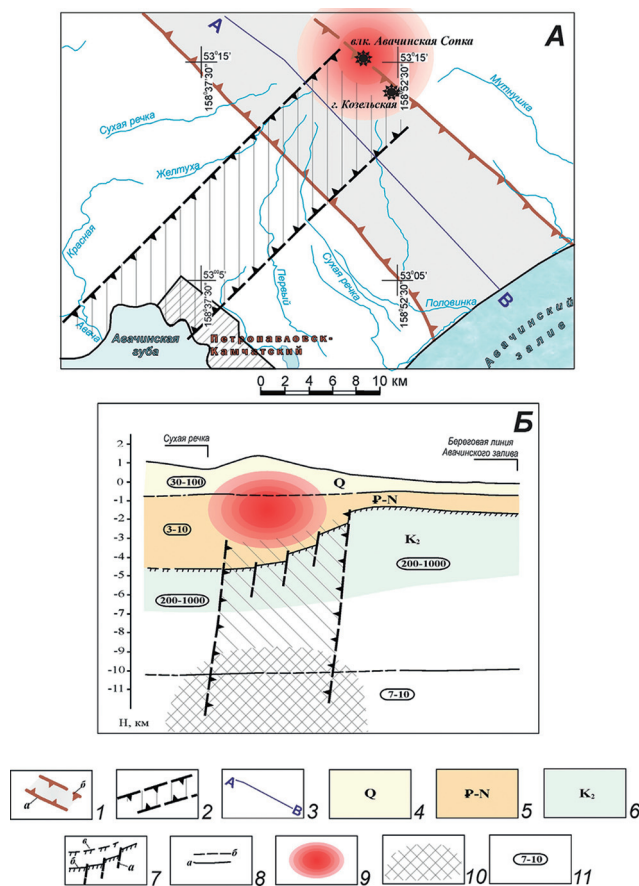


Рис. 9. Предполагаемое положение периферического магматического очага в плане (А) и в разрезе (Б). Условные обозначения: 1 – границы Авачинского грабена по данным МТЗ⁴; уверенные (а), предполагаемые (б); 2 – зона глубинного разлома по данным МТЗ и гравиметрической съемки м-ба 1:50000⁴; 3 – линия геолого-геофизического разреза; 4 – комплекс четвертичных (Q) обломочных, грубообломочных, вулканогенно-пролювиальных и покровных образований; 5 – палеоген-неогеновые (P-N) вулканогенно-осадочные и вулканогенные образования; 6 – верхнемеловые (K₂) интенсивно дислоцированные, метаморфизованные терригенные и вулканогенно-кремнистые образования; 7 – тектонические нарушения (а), кровля верхнемеловых образований: уверенная (б), предполагаемая (в); 8 – геоэлектрические границы: уверенные (а), предполагаемые (б); 9 – периферический магматический очаг и зона его температурного влияния по данным модельных расчетов (по Федотову С.А. и др. [32]); 10 – верхнекоровый очаг [7]; 11 – значение удельного сопротивления слоев в Ом·м

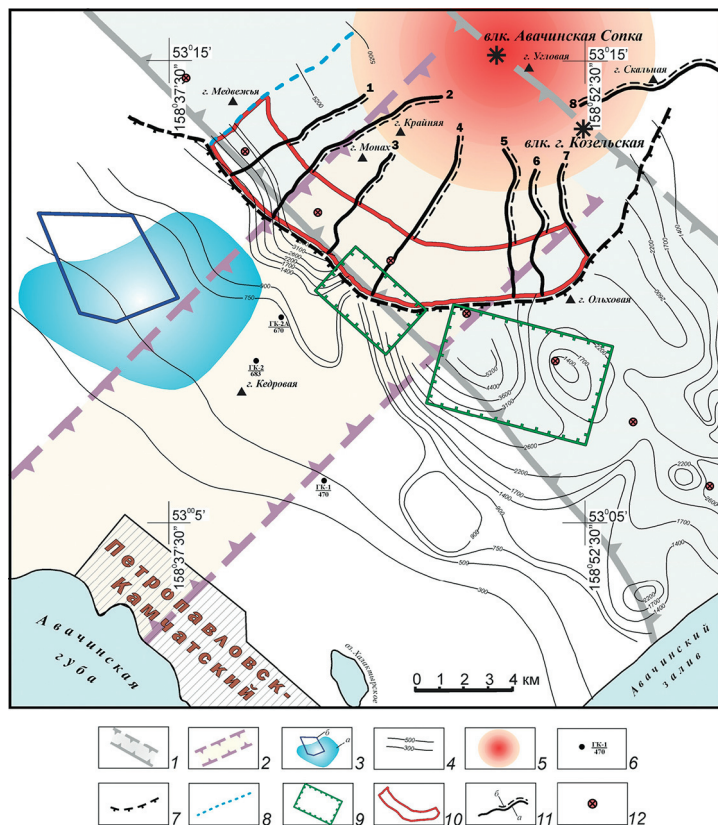


Рис. 10. Обзорная схема, рекомендуемых к реализации геофизических работ. Условные обозначения: 1 – границы Авачинского грабена по данным МТЗ; 2 – зона глубинного разлома по данным МТЗ и гравиметрической съемки м-ба 1:50000; 3 – предполагаемые контуры месторождения пресных подземных вод «Быстринское» по комплексу геофизических данных (а), участок с подсчитанными запасами вод (б); 4 – изолинии глубин до ВМКП; 5 – предполагаемое положение периферического очага и зоны его температурного влияния (по Федотову С.А. и др. [32]); 6 – пробуренные скважины: в числителе — номер скважины, в знаменателе — глубина в метрах до кровли ВМКП; 7 – северные границы площади работ МТЗ (2×2 км) и гравиразведки м-ба 1:50000⁴; 8 – профиль МТЗ, отработанный с шагом 0,5 км⁴; 9 – контуры участков детальных электроразведочных работ, рекомендованных к постановке по результатам геофизических исследований⁴, выполненных 1990–1991 гг. Рекомендуемые к постановке геофизические работы: 10 – участок работ МТЗ по сети ~ 0,5×0,5 км; 11 – профильные наблюдения: гравиметрическая съемка в условном уровне с шагом наблюдений вдоль профиля 200 м (а), работы МТЗ с шагом наблюдений 500 м (б); 12 – точки ГМТЗ

В.В. Потапов, Д.С. Горев, Е.В. Шунина, С.В. Зубаха
**РЕЗУЛЬТАТЫ МЕМБРАННОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ
ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ
РАСТВОРОВ: Li, B, Rb Cs**



Рис. 3. Кривые сорбции - десорбции для порошка П-00-1

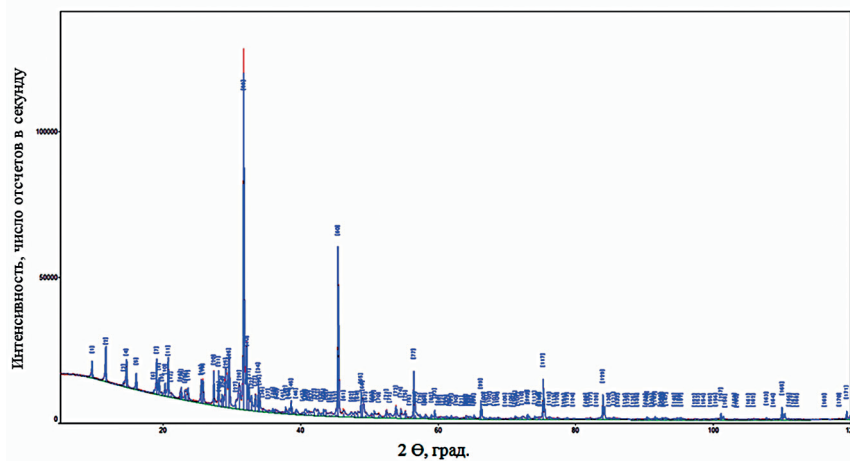


Рис. 4. Рентгенограмма образца порошка П-00-1. Основные пики: галит, тенардит, гипс, гидрат хлорида магния, гипс

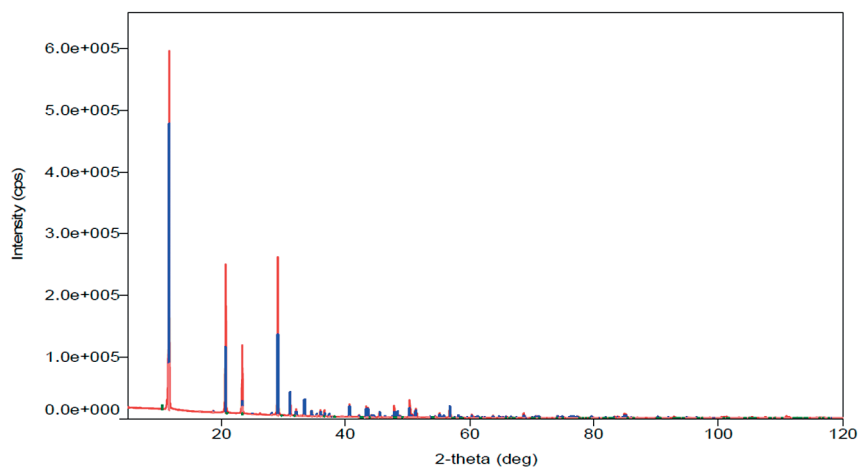


Рис. 5. Рентгенограмма образца осадка в концентрате, полученном обратным осмосом ТВ-ОО-ОС. Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$