

4. *Игнатъев А. В., Горбаренко С. А., Киселев В. И.* К методике исследования температуры роста морских организмов изотопно-кислородным методом // Биогеохимия морских беспозвоночных.— Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1979.— С. 118—123.
5. *Китаев И. В., Лихт Ф. Р.* Определение общей карбонатности и органического углерода в породах газометрическим методом // Вопросы литологии и геохимии вулканогенно-осадочных образований юга Дальнего Востока/ ДВНЦ АН СССР.— Владивосток, 1971.— С. 238—245.
6. *Океанографическая энциклопедия.*— Л.: Гидрометеоиздат, 1974.
7. *Щербаков Ф. Л.* Отражение изменения уровня моря в разрезах позднечетвертичных морских отложений // Колебания уровня морей и океанов за 15 тыс. лет.— М.: Наука, 1982.— С. 112—120.
8. *Damuth J. E., Kumar N.* Amazon cone morphology, sediments, age and growth Pattern // Bull. Geol. Soc. Amer.— 1975.— V. 86, N 6.— P. 863—878.
9. *Kroopnick P.* The distribution of  $^{13}\text{C}$  in the Atlantic ocean // Earth and Planet. Sci.— 1980.— V. 49.— P. 469—484.
10. *Luybeqrie L. D., Duplessy C.* Changes in the oceanic  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratio during the last 140 000 years: high-latitude surface water records // Palaeogeography, Pa-

laeoclimatology, Palaeoecology.— 1985.— V. 50.— P. 217—240.

11. *Morley I. I., Hays I. D.* Toward a high-resolution, global, deep-sea chronology for the last 750 000 years // Earth and Planet. Sci.— 1981.— V. 53, N 3.— P. 279—295.
12. *Nelson C. H.* Late Pleistocene and Holocene depositional trends, processes and history of Astoria deep-sea fan, northeast Pacific // Mar. Geol.— 1976.— V. 20.— P. 129—173.
13. *Normark W. R.* Fan valleys, channels and depositional lobes on modern submarine Fans. Character for Recognition of sandy turbidite Environments // Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.— 1978.— V. 62, N 6.— P. 913—931.
14. *Shackleton N. J.* Attainment of isotopic equilibrium between ocean water and the benthonic foraminifera genus *Uvigerina*: isotopic changes in the ocean during the last glacial // Variation du climate en cours du Pleistocene.— Paris: CNRS, 1974.— P. 203—211.
15. *Wang Pinxian, Min Qiubao, Bean Yunhua, Feng Wenke.* Planctonic foraminifera in the continental slope of the northern Southern China Sea during the last 130 000 years and their paleo-oceanographic implication // Acta geol. sinica.— 1986.— V. 60, N 3.— P. 1—11.

ТОИ ДВО АН СССР  
Владивосток

Поступила в редакцию  
4 марта 1988 г.

УДК 552.08 : 53 + 550.831.017

В. В. Мишин, С. Л. Иванов, В. И. Исаев

## ПЛОТНОСТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА ИЧИНСКОГО ПРОГИБА ЗАПАДНОЙ КАМЧАТКИ

В результате анализа и математической обработки керновых определений плотности получена стратифицированная градиентно-слоистая модель разреза. Модель отражает нелинейные изменения плотности осадочных пород с глубиной и объясняет основные черты гравитационного поля различных частей прогиба. Ис-

пользование модели в качестве начального приближения при решении обратной задачи гравиметрии (методом квадратичного программирования) повышает точность решения до  $\pm 0,02$  г/см<sup>3</sup>. Это открывает возможности прогнозирования латеральных литолого-фациальных изменений в пределах локальных структур.

Ичинский передовой прогиб разделяет Охотскую эпимезозойскую платформу и внутреннюю часть Западно-Камчатской складчато-глыбовой области [6]. Крутогоровской шовной зоной прогиб разделяется на внутреннее и внешнее (приплатформенное) крылья. Последнее получило название Колпаковской впадины. Кайнозойский осадочный чехол прогиба залегает на складчатом основании верхнемелового возраста. Чехол несогласиями разделяется на тигильскую ( $P_1-P_2$ ), воямпольскую ( $P_3-N_1$ ) и кавранскую ( $N_1$ ) серии. Верхнюю часть разреза слагают отложения плиоцен-антропогенного возраста. На Кшукской, Нижне-Квакчинской и Средне-Кунжикской локальных антиклиналях Колпаковской впадины открыты газовое и газоконденсатные месторождения [5]. В прогибе интенсивно ведутся геофизические исследования и поисковое бурение.

Интерпретация геофизических данных требует знания петрофизических свойств, применительно к гравиразведке — плотности. Традиционно стратиграфическим горизонтам присваивалось постоянное (среднее) значение плотности. На современном этапе такой подход вступил в противоречие с экспериментальным материалом: решение прямой задачи гравиметрии для малоамплитудных структур Колпаковской впадины с использованием средних плотностей приводит к эффектам, несопоставимым с наблюдаемыми.

Изучение фактического материала по скважинам (например, рис. 1) показывает, что главной закономерностью плотностного разреза является постепенное нарастание плотности с глубиной. Поэтому плотность отдельных стратиграфических подразделений не может быть охарактеризована константой. Уже есть

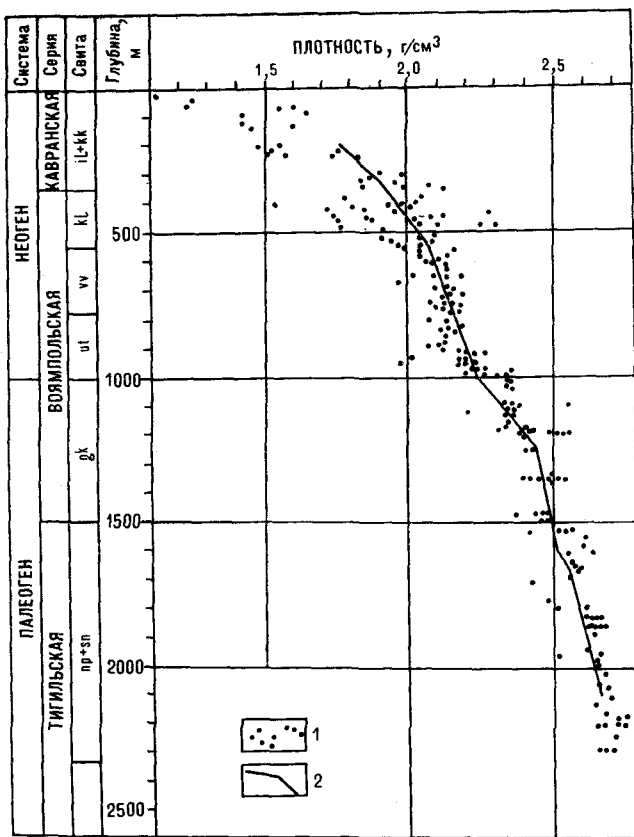


Рис. 1. Плотностная колонка скважин Междуреченская-3 и ГК-8.

1 — значения плотности образцов керн; 2 — значения плотности, сглаженные скользящим фильтром.

опыт [4] получения зависимостей вида  $\sigma(H) = B_0 \cdot H^{(B_1)}$  изменения плотности с глубиной. Однако для этих зависимостей отсутствует стратиграфическая привязка.

Ниже приводятся полученные нами зависимости вида [8]

$$\sigma(H) = C - B_0 \cdot \exp(-B_1 \cdot H) \quad (1)$$

для разделенных несогласиями серий кайнозоя.

**Закономерности  $\sigma(H)$  Пчинского прогиба.** Для подбора коэффициентов уравнения (1) использованы представительные определения плотности по керну из 40 скважин. Относительно однородный терригенный характер разреза, выраженное по всем скважинам стремление кривой  $\sigma(H)$  к асимптоте и реально встреченные максимальные значения плотности позволили принять для всего района значение  $C = 2,67 \text{ г/см}^3$ . Коэффициенты  $B_0$  и  $B_1$  подобраны способом наименьших квадратов.

Получены следующие закономерности: для тигильской серии (ошибка приближения  $\epsilon_\sigma = \pm 0,06 \text{ г/см}^3$ )

$$\sigma(H) = 2,67 - 0,36 \cdot \exp(-0,61 \cdot H); \quad (2)$$

для воямпольской серии ( $\epsilon_\sigma = \pm 0,08 \text{ г/см}^3$ )

$$\sigma(H) = 2,67 - 0,67 \cdot \exp(-0,47 \cdot H); \quad (3)$$

для кавранской серии ( $\epsilon_\sigma = \pm 0,15 \text{ г/см}^3$ )

$$\sigma(H) = 2,67 - 1,18 \cdot \exp(-0,49 \cdot H). \quad (4)$$

Из (2) — (4) и анализа  $\epsilon_\sigma$  следует, что на формирование плотности осадочных пород прогиба определяющее влияние оказывает геостатическая нагрузка. Литологический состав определяет дисперсию плотности, которая уменьшается с возрастом отложений. С увеличением возраста пород плотность становится все менее подвержена изменению с глубиной.

Адекватность приближений (2) — (4) проверена при построении геоплотностной модели вдоль профиля в центральной части Колпаковской впадины. Здесь сейсмозаземкой (МОВ — ОГТ, КМПВ) и глубоким бурением наиболее достоверно изучены структурные формы осадочного чехла и поверхность складчатого основания. На ЭВМ решалась обратная линейная задача гравиметрии, сформулированная как задача квадратичного программирования [2, 7]:

$$\|Ax - b\| + \alpha \|x - x_0\|^2 = \epsilon_b \quad (5)$$

при

$$x^{(H)} \leq x \leq x^{(B)}. \quad (6)$$

То есть при известной геометрии разреза  $A$  по детальным ( $\pm \epsilon_b$ ) гравиметрическим наблюдениям  $b$  подбирались плотности  $x$  аппроксимирующих тел. В качестве начального приближения плотностей  $x_0$  были заложены определения по (2) — (4). Ограничения (6) были заданы согласно  $\epsilon_\sigma$ .

Плотности, полученные в результате решения задачи (5) — (6), оказались очень близкими ( $\pm 0,017 \text{ г/см}^3$ ) к их начальному приближению (рис. 2). Результаты моделирования подтвердили адекватность зависимостей (2) — (4).

Для различных зон прогиба составлены сводные плотностные колонки (рис. 3), на которых в виде полос  $\sigma(H) \pm \epsilon_\sigma$  изображены изменения плотности различных стратиграфических комплексов. Отражены возможные для каждой зоны изменения глубин и мощностей.

Наиболее простая плотностная колонка характерна для *Соболевского выступа* (см. рис. 3, а), где кавранские отложения непосредственно залегают на складчатом основании. Плотностная граница характеризуется значительной избыточной плотностью, которая меняется от  $0,7 \text{ г/см}^3$  на глубине 1 км до  $0,4 \text{ г/см}^3$  на глубине 2 км.

В *Колпаковской впадине* (см. рис. 3, б) поверхность основания залегают на больших глубинах, где породы осадочного чехла приобретают значительную плотность. Поэтому по-

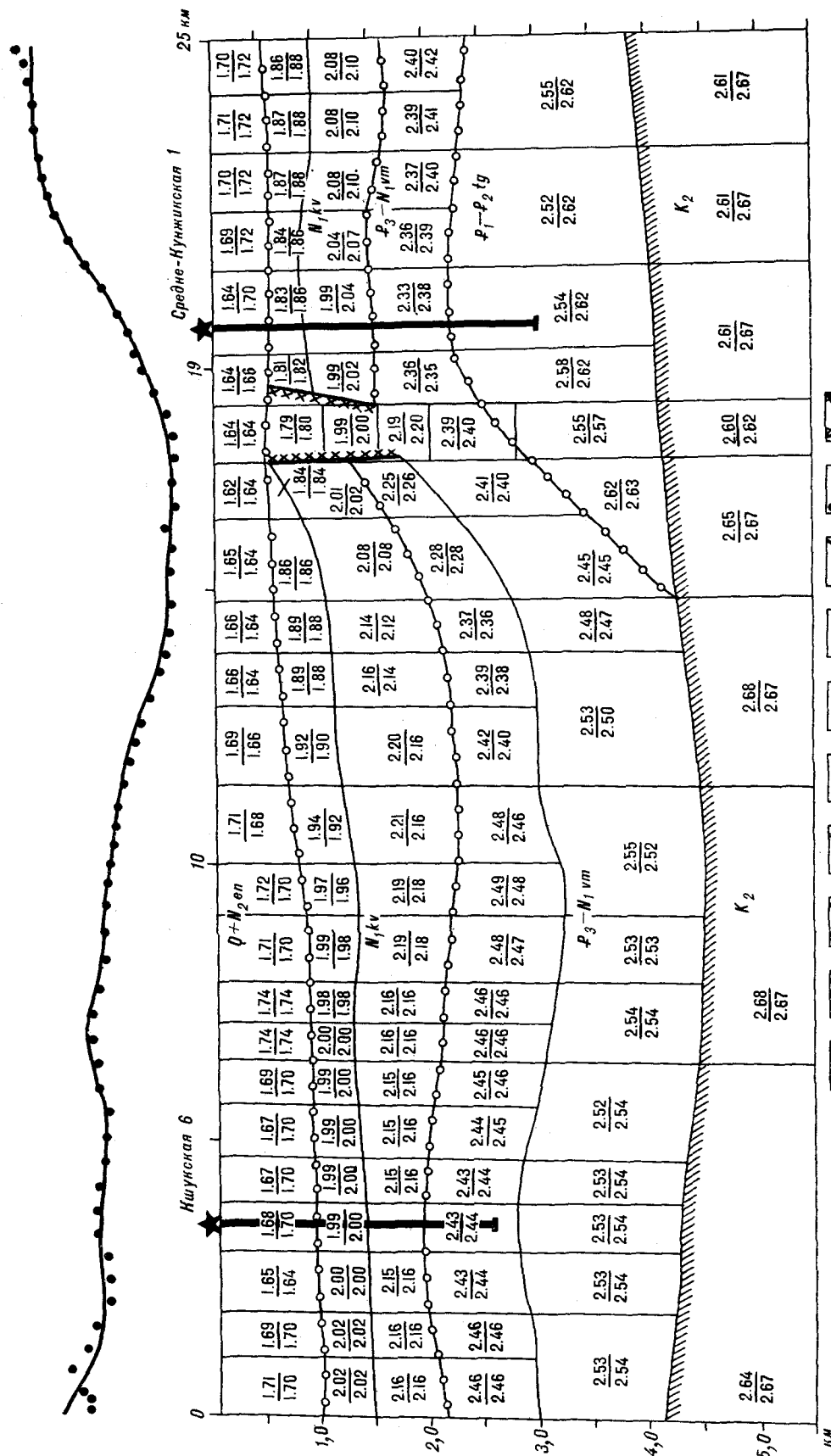


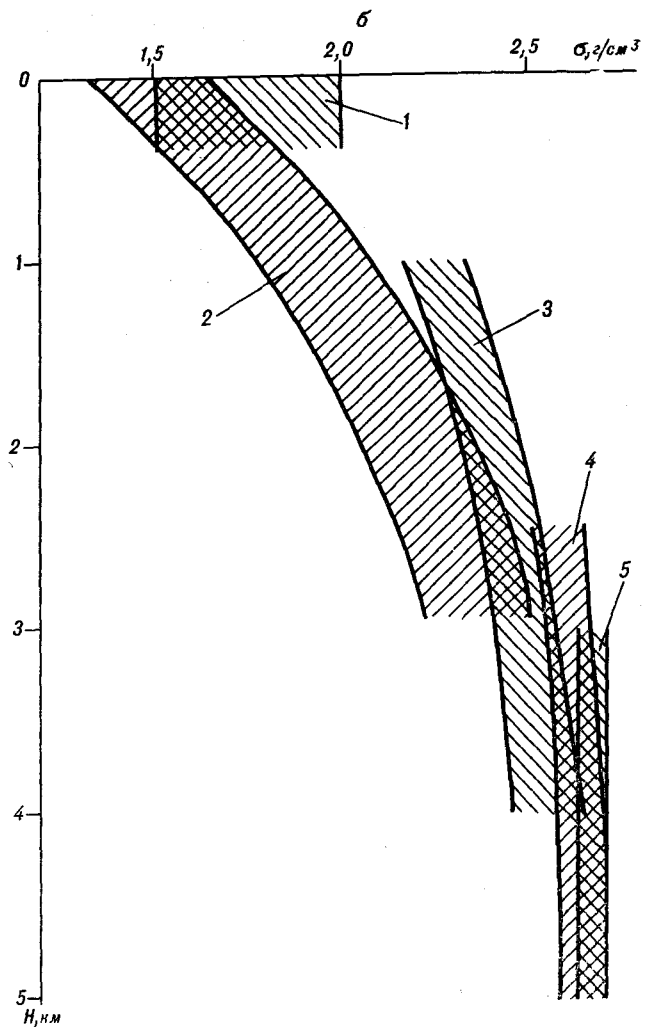
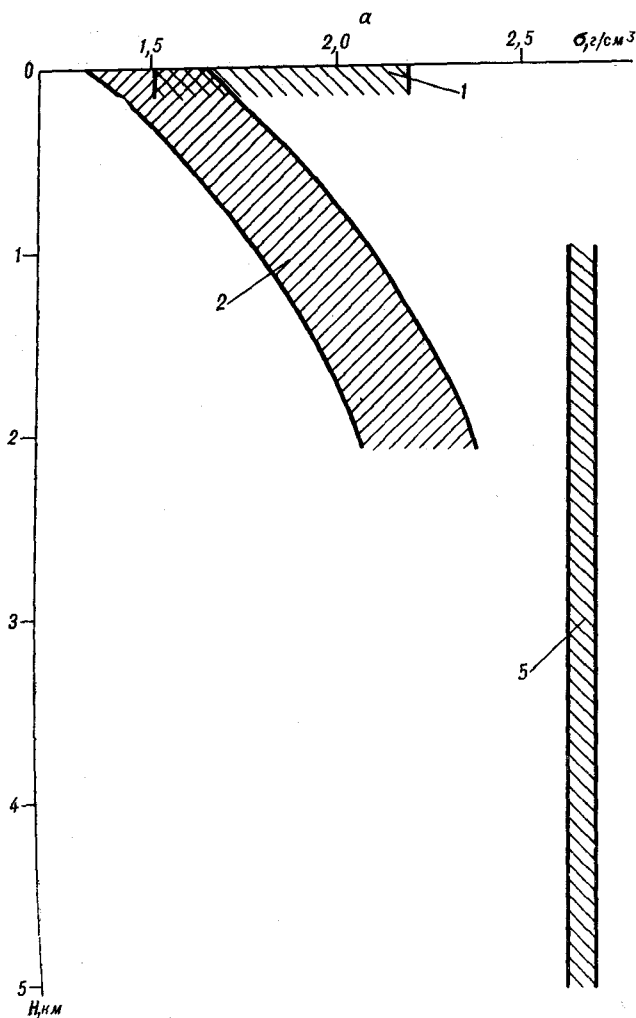
Рис. 2. Геоплотностная модель вдоль Крутого-Колпаковского профиля (Центральная часть Колпаковской впадины).

1 — скважины глубокого бурения; 2 — геологические границы; 3 — отражающие горизонты по данным МОВ — ОГТ; 4 — предомлающая граница по данным КМПВ, отождествляемая с поверхностью складчатого основания; 5 — границы тел, аппроксимирующих разрез; 6 — значения плотности, подобранные в результате решения обратной задачи гравиметрии, г/см<sup>3</sup>; 7 — начальное приближение значений плотности, определенное по закономерностям  $\delta(H)$ , г/см<sup>3</sup>; 8 — наблюдаемое поле; 9 — рассчитанное поле в результате решения обратной задачи; 10 — зона разлома по данным МОВ — ОГТ.

верхность основания характеризуется незначительной избыточной плотностью. Большое аномалеобразующее значение, очевидно, имеет граница кавранских и воймпольских отложений, избыточная плотность на которой меняется от 0,30 до 0,15 г/см<sup>3</sup> при изменении глубин от 1 до 3 км.

Внутреннее крыло прогиба (см. рис. 3, а) характеризуется значительным изменением глубин и мощностей от антиклинальных зон к синклиналим. Разрез последних, вероятно, близок к разрезу Колпаковской впадины. Для антиклинальных зон характерно наличие одной или нескольких резких плотностных границ на сравнительно небольших глубинах.

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы. 1. Анализ данных о плотности горных пород Ичинского прогиба



свидетельствует о градиентно-слоистом строении плотностного разреза. В каждом слое, отождествляемом с отделенной несогласиями серией кайнозоя, плотность меняется с глубиной по индивидуальной зависимости. Эта модель определяет главные черты гравитационного поля в разных частях прогиба и позволяет более адекватно ставить перед гравиразведкой геологические задачи.

2. Полученные закономерности  $\sigma(H)$  есть своего рода нелинейная региональная плотностная модель прогиба. Она может служить уверенным приближением для изучения латеральных изменений плотности, связанных с литолого-фациальными изменениями в пределах локальных структур.

3. Один из способов выявления названных изменений (прогнозирования геологического

разреза) — это количественная комплексная интерпретация в рамках интерпретационной модели (5) — (6). Имитационное решение задачи на Крутогоровском профиле (см. рис. 2) показывает, что использование зависимостей (2) — (4) для формирования начального приближения  $x_0$  и векторов  $x^{(H)}$ ,  $x^{(B)}$ , позволяет повысить точность решения обратной задачи гравиметрии не меньше, чем до  $\pm 0,02 \text{ г/см}^3$ . Это в два раза точнее обычного при решении подобных задач [2].

Изложенный подход в изучении плотностной характеристики осадочного чехла может быть применен и для других кайнозойских осадочных бассейнов Востока СССР. Вертикальный градиент плотности, вероятно, является универсальным свойством структур земной коры [1, 3 и др.].

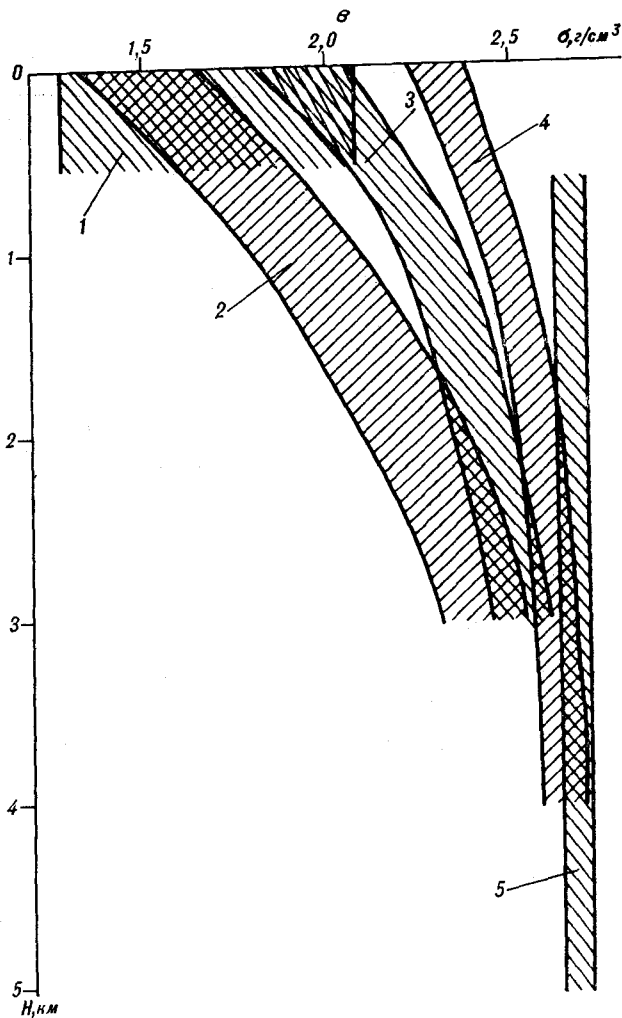


Рис. 3. Сводные плотностные колонки различных тектонических зон Ичивского прогиба: а — Соболевского выступа; б — Колпаковского впадины; в — Внутреннего крыла прогиба.

1 — изменения плотности отложений плиоцен-антропогенного возраста; 2 — кавранской серии; 3 — воямпольской серии; 4 — тигильской серии; 5 — изменения плотности пород складчатого основания.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Брянский Л. И. Гравитационные модели Сихотэ-Алиньской складчатой области // Тихоокеан. геология.— 1984.— № 2.— С. 52—61.
2. Исаев В. И. Принципиальная схема комплексной интерпретации гравиметрических съемок на примере профиля Средние Лангары — Мухто (Северный Сахалин) // Там же.— 1983.— № 1.— С. 107—112.
3. Красовский С. С. Отражение динамики земной коры континентального типа в гравитационном поле.— Киев: Наук. думка, 1981.
4. Мороз Ю. Ф., Шиленко Р. И. Физические свойства горных пород кайнозойского осадочного чехла юго-западной Камчатки // Тихоокеан. геология.— 1987.— № 1.— С. 77—82.
5. Мотовилов Ю. В., Козьянин В. К., Косыгин Ю. А., Тютрин И. И. Новые данные о нефтегазоносности Колпаковского прогиба Западной Камчатки // Там же.— 1987.— № 1.— С. 63—65.
6. Смирнов Л. М. Тектоника Западной Камчатки // Геотектоника.— 1971.— № 3.— С. 104—117.
7. Старостенко В. И. Устойчивые численные методы в задачах гравиметрии.— Киев: Наук. думка, 1978.
8. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика): Справочник геофизика/ Н. Б. Дортман.— М.: Недра, 1976.

ЕГФЭ ПГО Камчатгеология  
Елизово  
ИВЦ ПГО Сахалингеология  
Южно-Сахалинск

Поступила в редакцию  
30 марта 1988 г.

УДК 553.064.5 : 551.24

А. П. Сорокин

### РОССЫПЕКОНЦЕНТРИРУЮЩИЕ СТРУКТУРЫ ПРИАМУРЬЯ

Выделены и проанализированы типы и классы россыпеконцентрирующих структур в орогенной и платформенной областях Приамурья. Предложена иерар-

Развивая представления о важнейшей роли в россыпеобразовании морфотектонических особенностей, заложенные работами Г. П. Вола-ровича [1], Н. А. Шило [6], С. С. Воскресен-ского [2], Ю. П. Казакевич [3], мы предлагаем выделять россыпеконцентрирующие струк-

хия россыпеконцентрирующих структур: пояс — область — район — узел, которая коррелируется с соподчиненностью рудных площадей.

туры, которые по ряду признаков являются оптимальными для локализации россыпей. Это устойчивые и длительно развивающиеся депрессионные или орогенные структуры с малыми амплитудами движений, сформированные вдоль шовных зон на контакте областей