

альные условия таковы: почти полностью отсутствуют условия для создания даже нормальной инфраструктуры, уровень и качество жизни одни из наиболее низких в стране. Районное удорожание работ составляет не менее 200%. Общий уровень хозяйственного развития Дальнего Востока низкий, хотя здесь производились до середины 80-х гг. XX в. около 4% валового общественного продукта и 3% национального дохода [4].

Отрицательный фактор для освоения минерального сырья на Дальнем Востоке — неудовлетворительные геологическая и геофизическая изученности территории. Потенциальные ресурсы сырья в несколько раз превышают разведанные, и разведка часто остановлена на уровне выявления рудопроявлений и грубого оконтуривания границ рудоносных провинций, отсутствует крупномасштабная

съемка и т.д. Геологическая информация ограничена и недостаточна для нормального планирования хозяйственного развития.

В перспективе можно рассматривать использование титанового сырья Дальнего Востока только для внутренних потребностей страны. Титановорудное сырье — это ресурсы будущего. Закономерно было бы планомерно, на основе долгосрочного проекта вкладывать посильные средства на дальнейшее изучение объектов, учитывая, что инфраструктура территории будет развиваться в результате разработки и использования находящихся сейчас спрос других сырьевых ресурсов, прежде всего коренного золота, леса, биоресурсов. Содействовать более скорому освоению титановых ресурсов могло бы соглашение с мировыми производителями титановосырьевой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быховский Л.З., Зубков Л.Б. Стратегия развития и освоения минерально-сырьевой базы титана // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 1995. №5.
2. Васильчиков Н.В., Павлидис Ю.А., Словинский С и др. О ванадистых титаномагнетитовых прибрежных россыпях Дальнего Востока // Океанология. Т. VI. В. 5. 1966.
3. Геология СССР. Т. 19. Хабаровский край и Амурская область. Полезные ископаемые. М.: Недра, 1976.
4. Дальний Восток России: экономическое обозрение / Под ред. П.А. Минакира. Хабаровск: РИОТИП, 1995.
5. Конъюнктура мировых рынков минерального сырья. М., 2000.
6. Кутюлин В.А., Прусевич А.А. Геологические предпосылки для поисков титаномагнетитовых россыпей Татарского пролива. Новосибирск: Институт геологии и геофизики СО АН СССР, 1984.
7. Минеральное сырье. Титан. Справочник. М.: Геоинформмарк, 1997.
8. Панских Е.А. Апатит-ильменит-магнетитовые руды Джугджурского рудного района // Геология и рудоносность метаморфических комплексов Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979.
9. Панских Е.А., Суханов М.К. Геологическое строение, петрология и рудоносность анортозитовых массивов Дальнего Востока СССР // Петрология и рудоносность природных ассоциаций горных пород. М.: Наука, 1982.
10. Панских Е.А. Геология и минерагения автономных анортозитовых ассоциаций Восточно-Азиатского пояса // Геология и минерагения анортозитовых ассоциаций. Владивосток: ДВО АН СССР, 1987.
11. Резниченко В.А., Устинов В.С., Карязин И.А., Петрунько А.Н. Электрометаллургия и химия титана. М.: Наука, 1982.
12. Россыпные месторождения титана СССР. М.: Недра, 1976.
13. Секисов Г.В., Жуков А.В., Папулов В.И. и др. Проблемы комплексного использования титаномагнетитового сырья и целесообразности строительства химико-металлургического комбината на Дальнем Востоке // Научный доклад.

Институт горного дела ДВО РАН
Рецензент — П.Д. Яковлев

УДК 550. 84

Ч.А. БАССЕКА, А.И. РЫЧКОВ, А.А. МАТВЕЕВ

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГИПЕРГЕННОГО ПОЛЯ РАССЕЙНИЯ РАЙОНА ЛОМИЕ — НГОЙЛА — МАНГ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДИКИ МЕЛКОМАСШТАБНОГО ОБОБЩЕНИЯ ЛИТОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Приведены первые результаты оценки прогнозных ресурсов никеля по результатам изучения потоков рассеяния масштаба 1 : 200000.

Геохимическая характеристика гипергенного поля рассеяния базируется на результатах анализа данных геохимических съемок в районе Ломие — Нгойла — Манг на юго-востоке Камеруна. Цель исследования — определение рудоносности выявленных здесь докембрийских ультрабазитов. Ультраос-

новные породы района представлены преимущественно серпентинитами, имеющими форму линз (рис. 1), с реликтами пироксенитов и дунитов. На участках выклинивания последних с серпентинитами часто ассоциируют тальковые породы. Среди серпентинитов установлены тела, возможно, более

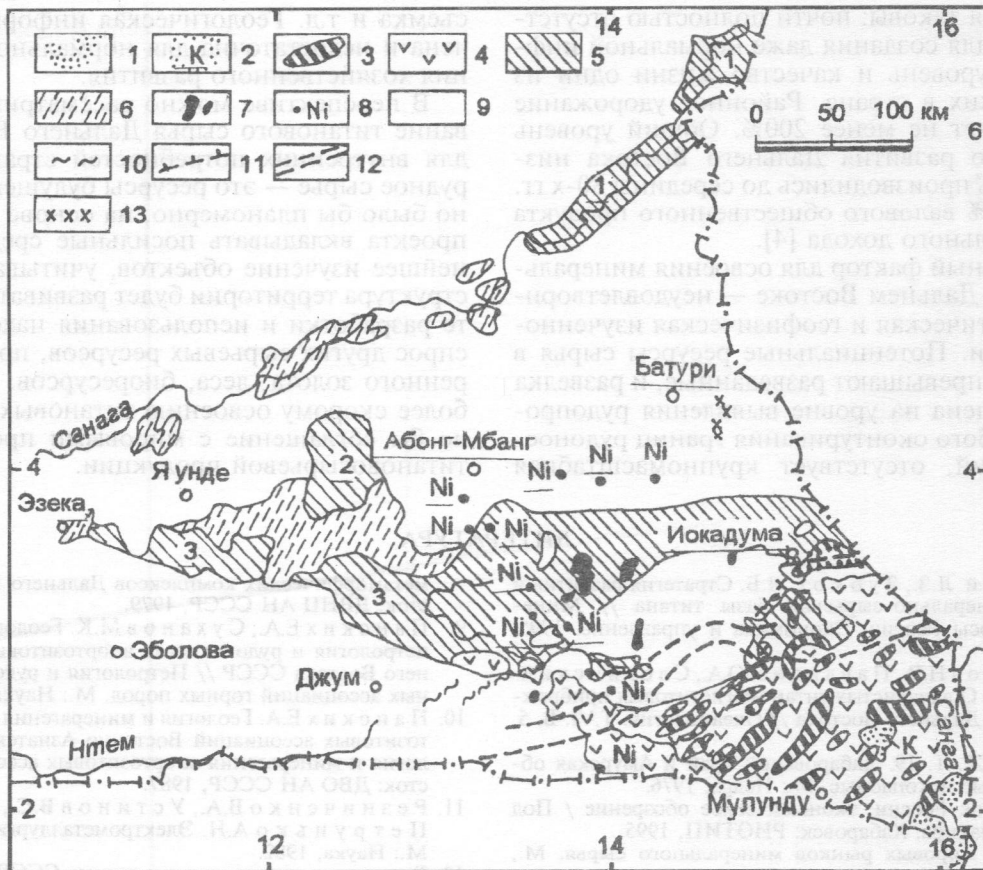


Рис. 1. Схема геологического строения южной части Камеруна по [7]: 1 — отложения N_2-Q ; 2 — образования мела; 3 — послескладчатые долериты позднего протерозоя; 4 — 6 — складчатые кварцито-сланцевые комплексы: 4 — Нижнее Джа позднего протерозоя; 5 — раннего протерозоя (цифры на схеме): 1 — серия Лом, 2 — серия Аюс, 3 — серия Мбалмайо-Бангбис; 6 — кристаллические сланцы, возможно, раннего протерозоя; 7 — серпентиниты в архейском комплексе основания; 8 — геохимические аномалии никеля в рыхлых отложениях, вероятно, связанные с серпентинитами; 9 — архейский комплекс основания, участками гранитизированный; 10 — зоны милонитизации; 11 — региональный контакт-уступ в фундаменте по аэромагнитным данным; 12 — горстоподобное поднятие фундамента по аэромагнитным данным; 13 — региональный коллизионный метасоматоз

поздних амфиболитов, габбро, габбро-диоритов и габбро-амфиболитов с гнейсовидной текстурой. Они образуют согласные с серпентинитами линзы и пластообразные залежи. Местами отмечены резко секущие дайки долеритов.

Геохимическая характеристика района приведена по данным литохимической съемки по потокам рассеяния масштаба 1:200000, проведенной в 1984 г. [8] на площади около 3000 км² со средней плотностью пробоотбора 1 проба/км². К сожалению, в нашем распоряжении имелись полные аналитические данные только на никель; для других химических элементов количество анализов очень ограничено, что и определило в конечном счете рассмотрение только гипергенного поля рассеяния никеля с его количественной оценкой прогнозных ресурсов района. Литохимические съемки по потокам рассеяния — один из основных методов геохимических поисков месторождений твердых полезных ископаемых в активно денудированных горно-складчатых районах [1, 5, 6]. Съемки, как правило, проводятся на стадии региональных работ в комплексе с геологическими и геофизическими исследованиями, наилучшим образом отвечают задаче ускоренного опознания обширных, геологически слабо изученных горных районов,

так как проходят с малой плотностью пробоотбора. Это позволяет в короткие сроки и с минимальными затратами изучить территории в несколько десятков и сотен квадратных километров.

Для характеристики гипергенного поля рассеяния исследуемого участка и оценки прогнозных ресурсов никеля использована методика мелко-масштабного обобщения поисковых геохимических данных, разработанная на кафедре геохимии геологического факультета МГУ [2, 4]. При этом учитывались отсутствие кондиционной топографической основы, по которой можно было бы рассчитать площади водосборов для отдельных точек опробования, а также значительная изрезанность местности руслами рек и ручьев I—IV порядков.

Основа данного метода — подсчет по данным литохимических съемок надфоновой продуктивности вторичных ореолов рассеяния в пределах равновеликих площадок (P_i , м²·%) с последующим делением этой величины на заснятую площадь (S_i) и средневзвешенное значение местного коэффициента остаточной продуктивности (K_i): $q = P_i / S_i \cdot K_i \cdot 40$. Полученные цифры удельной продуктивности коренного оруденения (Δq_p , т/м²) приписываются центрам площадок и служат для

построения карт изолиний в масштабе обзорной карты. Выбор этих геохимических показателей проводится при последовательном анализе геохимического поля по отдельным рудно-формационным типам оруденения, проявленного в заданном районе при учете его металлогенических особенностей. Достоинства этого метода — возможность свободного выбора размеров площадок для подсчета P_i , независимость получаемого результата от различных масштабов первичных съемок, учет средневзвешенного значения (K_i), а также отражение в значениях S_i частичной закрытости или неполной заснятости каждой отдельной площадки. В результате Δq_p приобретает нормированную объемную величину, независимую от смены геоморфологических и ландшафтных условий и полноты заснятости площадки подсчета. Составленные по этой методике обзорные карты характеризуются высокой информативностью. Осуществление таких обобщений возможно как «вручную», так и на ПК. В последнем случае подсчеты в заданных площадках ведутся наиболее эффективным методом «скользящего окна» с шагом 1 см^2 в масштабе отчетной карты.

Задача существенно осложняется, если мелко-масштабному обобщению подвергаются данные литохимических съемок по потокам рассеяния, например, масштаба 1:200000. При достаточно большом числе точек в осредняющем окне различия между площадями водосборов точек опробования перестают играть заметную роль. В итоге средние содержания рудных элементов в аллювиальных отложениях сходятся по вероятности к средним содержаниям в элювиально-делювиальных образованиях с местным коэффициентом пропорциональности $0 < K' < 1$, что отвечает переходу от продуктивности потока рассеяния к продуктивности вторичного ореола рассеяния или при $S_o \rightarrow \lim (C'_x - C'_\phi)$, $S_o = K' \lim (C_x - C_\phi)$, $S_o = \sum P'_i = K' \sum P_i$, где C_x и C_ϕ — соответственно средние и фоновые содержания элементов в аллювии и элювиоделювии в пределах площади окна S_o . Справедливость этой зависимости была экспериментально подтверждена на примере Пестринского рудного узла Охотско-Чукотского, вулканогенного пояса [2].

Приемлемое для практических нужд среднее случайное расхождение менее 20% реализуется при площади окна осреднения более $5 \times 5 \text{ км}$. Это позволяет рекомендовать составление геохимических карт масштаба 1:500000 и мельче методом скользящего окна. Для разработки обзорных мелко-масштабных карт указанным методом нет необходимости в подсчете площадей водосборов отдельных точек опробования, что позволяет вести обработку поисковых литохимических данных на ПК.

Для характеристики гипергенного поля рассеяния никеля района Ломие — Нгойла — Манг по данным литохимической съемки по потокам рассеяния масштаба 1:200000 вся территория была разбита на серию «элементарных ячеек», размером $5 \times 5 \text{ км}$, в пределах которых рассчитывались средние арифметические содержания (%) и надфоновые продуктивности ($\text{м}^2 \cdot \%$) никеля. Число проб в ячейках в зависимости от плотности пробоотбора составило от 3 до 18, средние содержания меня-

лись от $12 \cdot 10^{-4}$ до $670 \cdot 10^{-4} \% \text{ Ni}$. По полученным данным построена карта распределения никеля (рис. 2). На карте отчетливо выделились две зоны высокоаномальных содержаний никеля, приуроченных к выходам серпентинитов и серпентинизи-

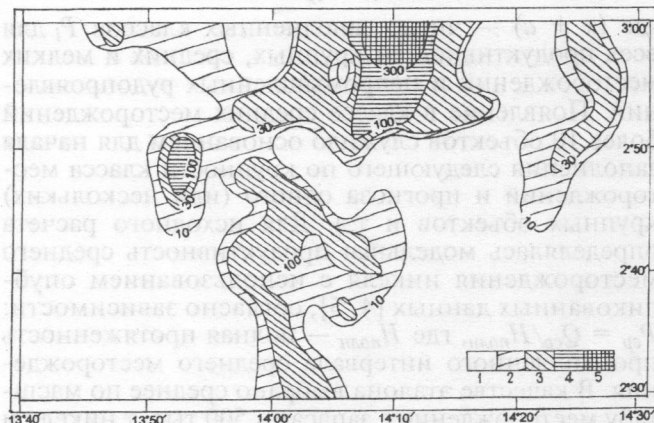


Рис. 2. Карта распределения концентрации никеля в потоках рассеяния в районе Ломие — Нгойла — Манг: 1 — < 10 , 2 — от 10 до 30, 3 — от 30 до 100, 4 — от 100 до 300, 5 — более 300

рованных пироксенитов. Первая площадью около 150 км^2 (с севера не оконтурена) находится на севере исследуемого района; максимальное содержание никеля здесь составило $670 \cdot 10^{-4} \%$. Вторая аномальная зона площадью около 100 км^2 и с максимальным содержанием никеля $203 \cdot 10^{-4} \%$ расположена в центральной части рассматриваемой территории. Приуроченность выявленных аномальных полей к серпентинитам, элементный состав аномалии и характер корреляционных зависимостей между содержаниями рудных элементов (таблица), среднее отношение в гипергенном поле содержаний Ni и Co (28) позволяют достаточно уверенно увязать их с экзогенными силикатными никелевыми проявлениями выветривания.

Ранговые коэффициенты корреляции между содержаниями рудных элементов в гипергенном поле рассеяния ($N=16$, $r_{95\%} = 0,50$)

Элемент	Ni	Co	Zn	Pb	Cu
Ni	1,00	0,63	0,44	0,13	0,02
Co		1,00	0,15	0,12	0,02
Zn			1,00	0,12	0,14
Pb				1,00	0,29
Cu					1,00

Примечание. N — количество проб; $r_{95\%}$ — значимый коэффициент корреляции.

Количественный анализ данных основан на вычислении сумм продуктивностей никеля в ячейках, где количества этого металла превышали $100 \cdot 10^{-4} \%$, и отыскании методом итерации числа десятичных классов крупности отдельных объектов, образующих эту сумму, исходя из допущения о равенстве суммарных продуктивностей в каждом классе:

$$\sum_{i=1}^n P_i/m = \text{const}, \text{ где } m \text{ — число классов крупности.}$$

С учетом положения о выявляемости литохимическими съемками по потокам рассеяния масштаба 1:200000 всех крупных и средних и весьма ограниченного числа мелких месторождений и непромышленных рудопроявлений m принималось 2,5.

Отыскание числа классов объектов крупнее средних месторождений проводилось путем решения трансцендентного уравнения, приведенного к удобному для интерпретации виду:

$$X = \lg[\Sigma(P_i)/(P_{cp}) \cdot 1/(x + a)],$$

где $(x + a)$ — число заполненных классов P_i для всех продуктивностей крупных, средних и мелких месторождений и непромышленных рудопроявлений. Появление в классе средних месторождений более 10 объектов служило основанием для начала заполнения следующего по крупности класса месторождений и прогноза одного (или нескольких) крупных объектов и т.д. Для исходного расчета определялась модельная продуктивность среднего месторождения никеля с использованием опубликованных данных [4, 5], согласно зависимости: $P_{cp} = Q_{cp}/H_{полн}$, где $H_{полн}$ — полная протяженность промышленного интервала среднего месторождения. В качестве эталона выбрано среднее по масштабу месторождение с запасами 500 тыс. т никеля и глубиной 50 м, что определило площадную продуктивность этого объекта $400000 \text{ м}^2 \cdot \% \text{ Ni}$. Результаты подсчетов показали возможное наличие на исследуемой территории с вероятностью 0,8 крупного месторождения силикатного никеля. Этот прогноз частично подтверждается независимым

расчетом возможных ресурсов никеля в двух выявленных аномалиях с использованием площадей выходов серпентинитов. Среднее содержание Ni принималось 0,8% [3], плотность рудовмещающих пород — 3 т/м^3 .

Для первой аномальной зоны (площадь выхода серпентинитов около 50 км^2) при подсчете до глубины 59 м ресурсы составили приблизительно 600 тыс. т никеля, что соответствует среднему по масштабу запасам месторождению. Следует отметить, что первая аномальная зона не оконтурена с севера, что увеличивает ее перспективы. Для второй рудной зоны (площадь 20 км^2) ресурсы составили 200 тыс. т никеля. По 16 пробам с аномальными содержаниями Ni и Co рассчитано среднее отношение Ni/Co = 28. Эта цифра близка отношению Ni/Co для ряда силикатных никелевых месторождений Урала [3]: Липовского (29), Черемшанского (29), Октябрьского (31), Ново-Бурановского (23). С учетом этого отношения возможные ресурсы кобальта в первой аномальной зоне могут составить 20 тыс. т, во второй — около 7 тыс. т. Для уточнения прогнозных ресурсов на аномальных зонах рекомендуется проведение литохимической съемки по вторичным ореолам рассеяния масштаба 1:50000 (сеть $500 \times 100 \text{ м}$), что потребует отбора и анализа порядка 1400 проб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев В.М., Дружинин А.В., Трофимов Н.Н. Рудные месторождения Африки. М.: Недра, 1984.
2. Матвеев А.А., Николаев Ю.Н., Бардин В.П. и др. Методические рекомендации по мелкомасштабному обобщению данных поисковых литохимических съемок с целью металлогенического анализа и количественного прогноза (на примере Северо-Востока России). М.: Изд-во ИМГРЭ, 2000.
3. Смирнов В.И. Рудные месторождения СССР / Под ред. В.И.Смирнова. Т. 2. М.: Недра, 1978.
4. Соловов А.П., Матвеев А.А. Геохимические методы поисков рудных месторождений. Учеб. пособие. М.: Изд-во МГУ, 1985.
5. Соловов А.П. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых: Учеб. для вузов. М.: Недра, 1985.
6. Хорин Г.И., Бородин В.П., Матвеев А.А. Методические рекомендации по литохимическим методам поисков рудных месторождений по потокам рассеяния. М.: Изд-во ИМГРЭ, 1992.
7. Bessoles B., Trompette R. Géologie d'Afrique. La chaîne panafricaine, «zone mobile d'Afrique Centrale (partie Sud) et zone soudanaise». Mémoire du Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans 92. 1980.
8. Kochemasov G.G. Projet de recherches minières Sud-Est Cameroun. Rapport 1 83, PNUD, 1984.

РУДН

Ч.А. Бассека — аспирант
Рецензент — А.Н. Роков

Элемент	Ni	Co	Zn	Pb	Cu
1	1,00	0,03	0,04	0,12	0,02
2	1,00	0,12	0,12	0,12	0,02
3	1,00	1,00	1,00	0,12	0,14
4	1,00	1,00	1,00	0,28	0,28
5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00