

**ОРДЕНА ЛЕНИНА АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ И ФИЗИКИ МИНЕРАЛОВ**

Препринт ИГФМ

СУЩУК Е. Г.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ
В ВЕРХНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ОСАДОЧНЫХ
ФОРМАЦИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ДОНБАССА**

Киев — 1975

ОРДЕНА ЛЕНИНА АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ И ФИЗИКИ МИНЕРАЛОВ

ПРЕПРИНТ ИГОМ

Судук Е.Г.

550.42

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ
В ВЕРХНЕПАЛЕЗОЙСКИХ ОСАДОЧНЫХ ФОРМАЦИЯХ
СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

1591

Киев - 1975



Препринт "Распределение микроэлементов в верхнепалеозойских осадочных формациях северо-западного Донбасса" содержит результаты изучения закономерностей распределения сидерофильных и халькофильных металлов в разрезе и на площади развития указанных формаций, форм нахождения микроэлементов в породах и возможностей их миграции.

Печатается по постановлению Ученого Совета
Института геохимии и физики минералов АН УССР

Ответственный редактор
доктор геолого-минералогических наук
В.И.Скаржинский

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших аспектов металлогении осадочных толщ является изучение распределения в них различных элементов, в первую очередь металлов. Образование и размещение месторождений в осадочных породах зависит от первичной металлоносности пород формаций, обусловленной условиями седиментации, диagenеза и последующих эпигенетических изменений.

Высокая степень геологической изученности Довецкого бассейна общеизвестна. Тем не менее ряд проблем, таких, как выяснение общих геохимических закономерностей, выявление роли или значения отдельных металлов в истории бассейна, их распределения и стратиграфическом разрезе, все еще ждут дальнейших исследований

Целью настоящей работы являлось изучение закономерностей распределения ряда рудогенных элементов в разрезе и на площади развития верхнепалеозойских осадочных формаций северо-западного Донбасса и выявление особенностей их концентрации. Территория исследований охватывает Бахмутскую и Кальмиус-Торецкую котловину и область развития купольных структур западной части этих котловин /рис. 2/. Выбор района исследований обусловлен, с одной стороны, насыщенностью этого района рудными проявлениями /меди, свинца, цинка, ртути, редких металлов/, а с другой — близостью к действующим горнорудным и промышленным предприятиям Донбасса. В связи с этим очевидна необходимость детальных металлогенических исследований в районе, направленных на выявление перспектив обнаружения промышленных месторождений.

При проведении исследований из широкой гаммы микроэлементов, присутствующих в породах, были выбраны наиболее характерные для района металлы, которые могут давать самостоятельные концентрации либо являются спутниками редкометалльного оруденения: ванадий, хром, кобальт, никель, молибден, цинк, свинец и ртуть.

При работе над книгой автор пользовался консультациями многих геологов. Большая помощь была оказана доктором геолого-минералогических наук В.И.Сияркинским и кандидатом геолого-минералогических наук П.К.Лагутиным, которым автор особо признателен. Автор пользуется случаем выразить искреннюю благодарность геологам треста "Артемгеология" С.И.Кирикилице, М.Л.Левенштейну, В.П.Боброву, В.А.Ласькову, Г.В.Тоидзе, И.Р.Белосу и многим другим за помощь и дружескую поддержку при проведении полевых исследований и лабораторных работ. Автор также благодарит за помощь и

консультации сотрудников ряда производственных и научных организаций - Л.С.Евсееву, Ю.П.Егорова, В.Е.Савицько, Е.П.Ткаченко, И.А.Заседателю, В.И.Кочеткова, Г.В.Комарову, И.М.Теплякова, своих коллег по работе - С.В.Кузнецову, С.Д.Лепкого, И.И.Сахацкого, Б.А.Горлицкого, сотрудников лабораторий, в которых производились анализы - Л.А.Орлову, Р.Н.Шкварук и многих других.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

Приводимые ниже краткие сведения о геологическом строении района исследований почерпнуты из материалов огромной армии геологов, изучавших вопросы геологии Донецкого бассейна.

В районе северо-западных окраин Донбасса геологические исследования ведутся со второй половины XIX столетия. Планомерное изучение рудных месторождений началось в 50-х годах XX ст. Результаты этих исследований изложены в работах Н.Н.Яковлева, А.А.Борисяка, А.Д.Архангельского, Н.Ф.Балуховского, А.Н.Стукало, В.Ф.Близнюка, М.В.Чирвинской, Ф.Е.Лапчик, И.Ю.Лапкина, Л.П.Нестеренко, М.Л.Левенштейна, В.А.Ласькова, С.И.Кирикилицы, И.Р.Белюса, Д.И.Богача, Г.У.Соколовой, В.П.Боброва и многих других. Сведения о распределении некоторых рудогенных элементов в породах района на отдельных структурах имеются в работах И.М.Теплякова, Г.В.Комаровой, Л.С.Евсеевой, Ю.П.Егорова, а также в отчетах полевых партий треста "Артемгеология". С 1960 года ведется систематическое изучение металлогении описываемого района в секторе металлогении Института геохимии и физики минералов АН УССР под руководством Я.Н.Белевцева и В.И.Скаржинского. Результаты этих исследований изложены в ряде тематических отчетов и публикаций, освещающих отдельные вопросы проблемы, а также в ряде монографий. Автор участвует в этих работах с 1962 года.

Слагающий район комплекс осадочных образований имеет возраст от девона до вентропогена. Глубина залегания кристаллического фундамента оценивается по данным геофизики от 4 км /г.Изкм/ до 10-12 км /г.Славянск/ и 15-17 км /г.Константиновка/. Девонские отложения в коренном залегании не встречены, а известны в надсолевой брекчии купольных структур в виде обломков эффузивов, мергельно-глинистых пород и известняков с фауной верхней части франского яруса. К ним же относятся мощные толщи соли в соляных штоках. Каменноугольные и залегающие выше отложения

вскрыты бурением, начиная с верхов нижнего карбона.

Магматические породы в районе в коренном залегании неизвестны. Присутствующие в надсолевой брекчии: обломки диабазов, диабазовых туфов и туфолов относятся, по данным В.И.Скаржинского, и Н.В.Бутурлинова /1970/, к трапповой формации раннегерцинского до складчатого этапа. На Бантышевском поднятии обнаружена альбититовая порода, предположительно относимая к складчатому этапу. Проявление магматизма послескладчатого этапа выражается в наличии туфогенных образований ирсского возраста /туфы андезитового состава, туфогенные псефиты и псаммиты/.

Изучаемый район является составной частью Доно-Днепровского прогиба - своеобразной структуры, различной по своему развитию в восточной и западной частях, - и располагается на границе этих областей, в зоне сочленения Донбасса и Днепровско-Донецкой впадины. Для района характерно сочетание линейного плана пликативных структур герцинских образований Донбасса и купольных структур Днепровско-Донецкой впадины, которые здесь группируются в антиклинальные зоны северо-западного и субширотного простирания. В районе прослежен ряд разрывных нарушений того же направления, осложненных поперечными поднятиями и разломами субмеридионального и северо-восточного простирания, которые играют важную роль в формировании структуры района и его рудоносности.

Гидрогеологические и гидрогеохимические особенности района заключаются в сложной вертикальной и горизонтальной гидрохимической зональности подземных вод, связанной с наличием в разрезе солей, углистых пород, близостью нефтегазопроявлений, и в изменчивости гидродинамического режима /Бабинец А.Е., 1959, 1969/. В зонах региональных тектонических нарушений глубокого заложения, на ряде купольных структур нарушаются условия затрудненного водообмена, возникают восходящие потоки напорных вод из нижних горизонтов в верхние, наблюдаются гидрохимические, газовые, геотермические аномалии /повышение в водах содержания CO_2 и CH_4 , появление H_2S и HS , повышение температуры вод до $35-92^\circ$ /В.А.Терешенко, 1967; О.В.Суярко, 1970/. Нередки аномальные содержания в водах таких металлов, как Mo , Cu , Hg , As /А.В.Жевлаков, 1964; В.И.Кочетков, 1966 и др./.

В истории геологического развития района проявились бретонская, завальская и пфальцская фазы герцинского орогенического цикла /для вскрытых бурением геологических образований/. Начиная с

завальской фазы /предпозднепермской/, территория Донбасса, собранная в складки, превратилась в сушу, а Днепровско-Донецкая впадина продолжала испытывать погружение. Территория северо-западного Донбасса, расположенная на границе областей с разнонаправленными колебательными движениями, в мезокайнозой испытывает многочисленные возобновления тектонической активности при общей тенденции к опусканию. В различные фазы киммерийского и альпийского этапов происходило оживление роста куполов, размыв их свободных частей, подновление разломов. Начиная с миоцена, изучаемая территория остается сушей, на ней происходит накопление только континентальных осадков.

МЕТОДИКА ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Применяемые в работе методы исследований включали полевые геологические наблюдения, петрографическое изучение пород, минералогические исследования форм нахождения рассеянных металлов в породах, спектральный, химический, полярографический, термический анализы пород и минералов, ряд вспомогательных методов при минералогических исследованиях /микрoхимический, люминесцентный и др./, математическую обработку результатов анализов, историко-геологический анализ, металлогенические построения.

Пробы отбирались из скважин, шахты и обнажений точечным и линейно-точечным методом /всего около 5300 проб/. Для петрографического контроля опробования из каждой скважины отбирались сколки твердых пород на шлифы. Из наиболее характерных для района толщ песчаников, алевролитов и глин разного возраста отбирались пробы для минералогического изучения. Изучено около 500 шлифов и свыше 70 искусственных шлихов. Минералогические пробы подвергались отмучиванию для получения глинистой фракции, затем промывались на концентрационном столе до серого шлиха и делились в тяжелых жидкостях по обычной схеме. Выбор скважин для опробования определялся задачами изучения фонового содержания металлов в породах района, изучения распределения этих металлов в эпигенетически измененных породах и вблизи разломов и выявлением закономерностей их концентрации.

Построение карт распределения осуществлялось на геологической основе для отдельных осадочных формаций, то-есть отложения, перекрывающие данную формацию, снимались. По скважинам подсети-

тивалось среднезавешенное содержание металла на опробованную мощность. Большинство скважин переобурена полная мощность изучаемых формаций. Содержание металлов в породах показано в изолиниях.

Основным методом получения данных о содержании и распределении микроэлементов в породах и минералах являлся приближенно-количественный спектральный анализ, проводимый в лаборатории ИГФМ АН УССР Л.А.Орловой и Р.Н.Шкварук. Анализ производился методом "проспки", при котором аналитики пользовались тремя основными стандартных смесей с учетом средних составов наиболее распространенных в районе пород: силикатной, карбонатной и песчаниковой, изготовленной из верхнепермских песчаников северо-западного Донбасса. Мономинеральные фракции и тяжелые фракции малого веса анализировались методом "набивки" угольного электрода. Чувствительность интересующих нас элементов была следующей:

V - 0,0001%	Cu - 0,0001%
Cr - 0,001%	Pb - 0,0003%
Ni - 0,0003%	Zn - 0,001-0,003%
Co - 0,0001%	Mo - 0,0001-0,00005%

Определение ртути производилось в лаборатории Горловской экспедиции треста "Артемгеология" спектральным методом из навески 5-8 г. Чувствительность определения - $1-3 \cdot 10^{-6}\%$.

Воспроизводимость приближенно-количественных спектральных анализов определялась путем анализирования трех проб /соответственно трем основам/, разделенных на 30 проб каждая. Значения случайных ошибок средних определений изучаемых элементов составили 5-22%. Внутренний контроль результатов анализов, осуществляемый путем повторных сжиганий каждой десятой пробы, а также путем периодических измерений шифрованных и контрольных проб, позволил установить, что 94% результатов контрольных проб дало меньше $\pm 30\%$ разброса от результатов контролируемых проб. Внешний контроль осуществлялся в лабораториях экспедиции ИГФМ СССР и треста "Артемгеология". В результате была установлена средняя систематическая ошибка измерений для некоторых элементов, учтенная при построении геохимических карт путем введения поправок. Было проведено также сопоставление результатов спектрального, химического и полярографического анализов.

Математическая обработка результатов анализов проводилась на ЭВМ "Минск-22" по программе, составленной на основе алгорит-

ма, предусматривающего определение типа и параметров распределения концентраций элементов в пробах и расчет коэффициентов парной линейной корреляции и уравнений линейной регрессии. Итоги математической обработки результатов анализов сведены и представлены в данной работе в виде таблиц и графиков. Привычные в работе обозначения:

- N - нормальная шкала расчета параметров распределения; нормальный закон распределения;
- lgN - логарифмическая шкала расчета; логнормальный закон распределения;
- n - количество проб или измерений в выборке;
- \bar{x} - среднее арифметическое;
- \bar{x}_{lg} - среднее геометрическое $/10^{\bar{lg}x} /$;
- S - стандартное отклонение в нормальной шкале;
- Stg - стандартное отклонение в логарифмической шкале;
- r - коэффициент прямолинейной корреляции.

ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ И ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕРХНЕ-ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОСАДОЧНЫХ ФОРМАЦИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

В учении о геологических формациях в настоящее время все еще остается спорным вопрос о принципах выделения и классификации формаций. Различный подход к выделению формаций определил три основных направления формационного анализа: парагенетическое, генетическое и стратиграфическое. Вместе с тем всеми исследователями признается важность формационного метода для решения ряда геологических проблем, в частности, для познания закономерностей размещения полезных ископаемых и разработки научных основ их поисков. В выделении формаций в толще осадочных пород, составляющих Доно-Днепровский прогиб, мы придерживаемся подхода, предложенного Н.С.Шатским - создателем современного учения о геологических формациях, "...как естественных сообществ, комплексах, естественных парагенезисах горных пород". /Шатский, 1965/.

Осадочные формации в отдельных частях разреза донецкого палеозоя выделялись рядом исследователей - В.В.Белюсовым /1948/, Л.Б.Рухиным /1953/, Н.Ф.Балуховским /1954, 1959/, А.Б.Роновым и В.Е.Хайным /1956/, О.Ф.Рябых /1961/, А.Н.Феофиловой /1966/, С.М.Корневским и др. /1968/. Формационный анализ всего разреза палеозойских осадочных образований, выполняющих Доно-Днепровский прогиб, впервые произведен в коллективной монографии "Проблемы металлогении Украины" /1964/ Д.Е.Айзенвергом, П.К.Лагути-

вым, Ф.Е. Лапчик и др. Исходя из анализа основных этапов геотектонического развития прогиба, исследования литофаций, палеогеографии, естественных комплексов горных пород, выделены следующие формации: терригенно-галогенная и терригенно-вулканогенная среднего и верхнего девона, отражающие ранний этап геотектонического развития подвижной зоны, карбонатная и терригенно-угленосная формации карбона среднего этапа, галогенно-красноцветная формация нижней перми и пестроцветная формация верхней перми - триаса позднего и конечного этапов развития. В составе раннепермской галогенно-красноцветной формации выделены две подформации /или субформации/: нижняя - красноцветная, сложенная почти исключительно терригенными осадками /верхи араукаритовой свиты C_2^3 и картамышская свита P_1 /, и верхняя - галогенно-карбонатная /викитовская, славянская и траматорская свиты P_1 /.

Следует отметить, что выделение в разрезе и оконтуривание формаций в какой-то мере условно ввиду отсутствия в подавляющем большинстве случаев четких границ, выражающего постепенность в развитии фаций на площади региона.

На территории северо-западного Донбасса в настоящее время доступны изучению последние три формации.

Т е р р и г е н н о - у г л е н о с н а я ф о р м а ц и я к а р б о н а

К этой формации относится мощная толща терригенных, преимущественно песчано-глинистых пород с прослоями известняков и углей, обладающая четко выраженным ритмическим строением. Накопление осадков происходило в условиях значительной мобильности дна бассейна и непрерывного поступления огромного количества терригенного материала. Нижняя граница формации в районе не вскрыта. На территории Дово-Днепровского прогиба в целом намечается возрастное скольжение этой границы в близком к меридиональному направлению от C_1^{Vd} - на юге до C_2^{b6} - на севере бассейна. Верхняя граница условно проводится в средней части араукаритовой свиты C_3 . Мощность вскрытой в районе части формации колеблется от 1800 до 2240 м. Характер вещественного состава отложений выдерживается на больших пространствах.

Породообразующие минералы представлены кварцем, полевыми шпатами, глинистыми минералами, слюдами, карбонатами. В составе тяжелой фракции преобладают циркон и гранат. Вверх по разрезу и в северо-западном направлении уменьшается углистость пород,

обедняется флора, появляется пестроцветность, меняется состав тяжелой фракции.

Отложения терригенно-угленосной формации отличаются довольно устойчивым комплексом малых элементов, средние содержания которых мало изменяются в зависимости от возраста отложений. В таблице I приведены основные статистические параметры их распределения в породах формации. Среднее содержание свинца $/2,5-5,0 \cdot 10^{-3}\%$, цинка $/6,9-16,5 \cdot 10^{-2}\%$ и ртути $/3,3-6,1 \cdot 10^{-5}\%$ превышает величину кларка. Содержание ванадия $/6,0-14,6 \cdot 10^{-3}\%$ и хрома $/8,0-13,2 \cdot 10^{-2}\%$ колеблется в пределах кларка. Содержание кобальта $/0,5-1,7 \cdot 10^{-2}\%$, никеля $/2,0-8,2 \cdot 10^{-2}\%$, меди $/1,2-4,1 \cdot 10^{-3}\%$ ниже величины кларка, по А.П.Виноградову /1962/. Дисперсия содержаний для большинства металлов невелика $/0,15-0,30/$. Распределение металлов по петрографическому профилю пород относится к упорядоченному /согласованному/, по Н.М.Страхову, типу.

Наиболее характерными металлами для терригенно-угленосной формации являются свинец и цинк, содержания которых повышены по сравнению с выше- и нижележащими формациями и которые образуют здесь концентрации.

Г а л о г е н н о - к р а с н о ц в е т н а я ф о р м а ц и я р а н н е й п е р м и

В нижней части сложена почти исключительно терригенными красноцветными осадками, верхняя часть ее преимущественно галогенно-карбонатная. В связи с этим в составе формации выделяются две подформации /или субформации/: красноцветная и галогенно-карбонатная.

К р а с н о ц в е т н а я п о д ф о р м а ц и я в стратиграфическом отношении включает верхи араукаритовой свиты S_3 и картамышскую свиту P_1 , составляющую основное ядро подформации. Четкой стратиграфической границы между подстилающей терригенно-угленосной формацией и красноцветной подформацией нет. Пестроцветные отложения, свидетельствующие о смене гумидного литогенеза аридным, появляются спорадически уже в верхах среднего и начале верхнего карбона. Однако преобладающее значение красноцветная окраска приобретает в разрезе, начиная с середины араукаритовой свиты верхнего карбона выше карбонатного горизонта P_4 . Увеличение площадного распространения красноцветов отражает последовательную аридизацию климата, сокращение морских бассейнов и расширение континентальных областей.

Основные статистические параметры распределения металлов в осадочных формациях северо-западного Донбасса

Таблица 1

Наименование форма- ций	Наименование пород	Коли- чество проб пород	Ванадий				Хром				Кобальт				Никель					
			$\bar{x} \cdot 10^{-3}\%$	$\tilde{x}_{lg} \cdot 10^{-3}\%$	S_{lg}	Закон распре- деления	$\bar{x} \cdot 10^{-3}\%$	$\tilde{x}_{lg} \cdot 10^{-3}\%$	S_{lg}	Закон распреде- ления	$\bar{x} \cdot 10^{-3}\%$	$\tilde{x}_{lg} \cdot 10^{-3}\%$	S_{lg}	Закон распреде- ления	$\bar{x} \cdot 10^{-3}\%$	$\tilde{x}_{lg} \cdot 10^{-3}\%$	S_{lg}	Закон распреде- ления		
Пестроцветная P ₂ + T	песчаники	150	4,6	3,5	0,37	lgN	11,7	6,6	0,45	lgN	0,8	0,6	0,33	lgN	2,1	1,4	0,39	lgN		
	алевролиты	140	7,5	6,6	0,21	"	11,3	9,0	0,26	"	1,4	1,1	0,27	"	4,0	3,4	0,27	"		
	глины	150	8,5	7,1	0,29	"	11,2	8,6	0,30	"	1,6	1,1	0,33	"	4,8	3,6	0,32	"		
Галогенно-красноцветная P ₁ + C ₃	Галогенно-карбонатная P ₁ + sl + km	песчаники	57	3,7	2,4	0,26	lgN	8,0	6,3	0,35	lgN	0,8	0,7	0,29	N	3,0	2,2	0,40	lgN	
		алевролиты	83	7,5	5,5	0,40	"	8,3	7,1	0,28	lgN	1,0	0,8	0,31	lgN	5,5	3,9	0,42	"	
		глины	56	9,4	7,2	0,42	"	10,1	8,4	0,32	"	1,1	1,0	0,18	"	7,2	5,9	0,33	"	
		известняки	46	1,2	0,6	0,50	"	3,9	2,8	0,36	"	0,6	0,4	0,42	"	2,0	1,0	0,56	"	
		доломиты	33	2,0	0,8	0,62	"	3,6	2,2	0,48	"	0,5	0,2	0,60	"	1,7	0,6	0,70	"	
		гипсы, ангидриты	50	-	-	-	-	1,0	0,5	0,52	"	-	-	-	-	0,09	0,07	0,26	-	
		соль	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Красноцветная C ₃ + P ₁	песчаники	150	5,5	5,0	0,20	N	11,6	10,3	0,23	N	1,4	1,2	0,21	lgN	4,0	3,3	0,29	lgN	
		алевролиты	106	11,6	10,2	0,25	"	13,8	11,8	0,25	lgN	1,4	1,3	0,20	"	7,0	6,0	0,27	"	
		глины	102	11,7	10,8	0,16	"	13,4	12,0	0,20	"	1,2	1,1	0,17	"	6,7	6,2	0,19	N	
		известняки	30	3,2	1,3	0,67	lgN	5,1	4,4	0,27	"	0,9	0,5	0,50	"	2,7	1,3	0,62	lgN	
		доломиты	16	2,7	1,8	0,42	"	6,2	4,1	0,44	"	1,8	1,3	0,41	"	5,9	3,9	0,39	"	
	Терригенно-угленосная C	C ₃	песчаники	115	6,0	5,3	0,25	N	8,0	7,2	0,20	lgN	1,3	1,0	0,27	lgN	2,9	2,3	0,30	lgN
			алевролиты	55	11,2	10,9	0,11	"	11,1	10,4	0,15	N	1,5	1,4	0,17	N	6,1	5,7	0,15	N
глины, аргиллиты			69	12,7	11,7	0,17	"	12,4	11,0	0,21	lgN	1,4	1,3	0,18	"	6,5	5,9	0,20	"	
известняки			40	3,0	1,6	0,51	lgN	3,8	2,4	0,53	"	0,5	0,3	0,46	lgN	2,1	1,3	0,50	lgN	
C ₂		песчаники	130	5,6	4,6	0,30	lgN	9,3	7,6	0,27	lgN	1,3	1,0	0,32	lgN	3,1	2,4	0,33	lgN	
		алевролиты	87	11,0	10,0	0,19	N	11,4	10,0	0,23	"	1,5	1,4	0,20	N	7,3	6,2	0,22	"	
		глины, аргиллиты	130	14,6	12,4	0,27	"	13,2	11,7	0,24	"	1,7	1,4	0,26	lgN	8,2	6,6	0,27	"	
		глинистые сланцы	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		известняки	60	2,2	1,0	0,58	lgN	3,6	2,4	0,47	"	0,5	0,3	0,53	"	2,0	1,1	0,52	"	
Надсолевая брекчия P ₁ - D		26	2,9	1,2	0,69	lgN	5,3	3,3	0,41	lgN	0,9	0,6	0,39	lgN	1,4	0,7	0,50	lgN		

Наименование		Наименование пород	Количество проб пород	М е д ь				Ц и н к				С в и н е ц				
форма-ций	подформаций			$\bar{x} \cdot 10^{-3} \%$	$\tilde{x}_{lg} \cdot 10^{-3} \%$	S_{lg}	Закон распределения	$\bar{x} \cdot 10^{-3} \%$	$\tilde{x}_{lg} \cdot 10^{-3} \%$	S_{lg}	Закон распределения	$\bar{x} \cdot 10^{-3} \%$	$\tilde{x}_{lg} \cdot 10^{-3} \%$	$\tilde{x}_{lg} \cdot 10^{-3} \%$	S_{lg}	Закон распределения
Пестроцветная		песчаники	I50	1,8	1,1	0,37	lgN	2,8	2,2	0,23	lgN	1,0	-	0,0	0,26	lgN
P ₂ + T		алевролиты	I40	2,2	1,7	0,33	lgN	3,7	2,8	0,32	lgN	1,5	-	1,1	0,26	lgN
		глины	I50	2,6	2,0	0,33	lgN	8,5	7,1	0,33	lgN	1,7	-	1,2	0,32	lgN
Галогенно-красноцветная P _I + C ₃	Галогенно-карбонатная P _I ^{nk + sl + km}	песчаники	57	0,8	0,6	0,33	lgN	2,1	1,9	0,18	lgN	0,9	-	0,6	0,32	lgN
		алевролиты	83	1,5	1,0	0,40	lgN	4,1	3,1	0,32	lgN	1,0	-	0,8	0,29	lgN
		глины	56	1,6	1,1	0,37	lgN	5,2	4,0	0,34	lgN	1,5	-	0,9	0,43	lgN
		известняки	46	1,8	0,6	0,48	lgN	не определяется				2,5	-	0,8	0,51	lgN
		доломиты	33	1,0	0,7	0,35	lgN	не определяется				0,6	-	0,4	0,42	lgN
		гипсы, ангидриты	50	0,3	0,27	0,26	lgN	-	-	-	-	0,5	-	0,2	0,43	lgN
		соль	I9	0,3	0,25	0,19	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Красноцветная C ₃ + P _I	песчаники	I50	2,1	1,2	0,47	lgN	7,3	3,9	0,37	lgN	5,5	1,0	-	0,45	lgN
		алевролиты	I06	3,5	1,9	0,44	lgN	6,8	5,4	0,28	lgN	2,0	1,4	-	0,29	lgN
		глины	I02	2,5	1,8	0,35	lgN	6,9	5,5	0,23	lgN	1,9	1,5	-	0,27	lgN
известняки		30	3,3	1,7	0,44	lgN	не определяется				7,1	4,1	-	0,49	lgN	
доломиты		I6	3,9	2,4	0,50	lgN	не определяется				3,6	1,7	-	0,58	lgN	
Терригенно-угленосная C	C ₃	песчаники	II5	1,2	0,8	0,36	lgN	6,9	3,4	0,40	lgN	2,5	1,5	-	0,40	lgN
		алевролиты	55	3,3	3,1	0,16	N	15,2	11,2	0,34	lgN	5,0	2,8	-	0,41	lgN
		глины, аргиллиты	69	4,1	3,2	0,32	lgN	13,4	8,8	0,39	lgN	4,3	2,7	-	0,40	lgN
		известняки	40	1,3	0,8	0,43	lgN	не определяется				4,3	-	1,5	0,68	lgN
	C ₂	песчаники	I30	1,2	0,9	0,35	lgN	5,7	2,9	0,37	lgN	1,9	-	1,3	0,35	lgN
		алевролиты	87	3,2	2,9	0,23	N	14,2	9,5	0,40	lgN	4,0	-	2,4	0,37	lgN
		глины, аргиллиты,	I30	4,3	3,6	0,29	lgN	16,5	10,5	0,46	lgN	4,1	-	3,0	0,35	lgN
		глинистые сланцы	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
		известняки	60	1,3	0,8	0,37	lgN	не определяется				3,1	-	0,9	0,68	lgN
Надсолевая брекчия P _T -D			26	2,5	1,3	0,36	lgN	не определяется				1,2, 5,5	-	1,6	0,82	lgN

Мощность подформации изменяется от 500–600 м на севере до 1550–1700 м на юге. Фациальные типы осадков – дельтово-речные, мелководно-морские и лагунные /опресненных лагун/. При общей картине чередования в разрезе песчаников, алевролитов, глин и, реже, известняков и доломитов, наблюдается возрастание роли глинистых осадков в северном направлении, а песчаных – в южном, что позволяет донецким геологам /В.В.Грабянский, М.Л.Левенштейн и др., 1972/ выделять в составе подформации две структурно-фациальные зоны – северную /Бахмутскую/ и южную /Кальмиус-Торецкую/. Количество карбонатных горизонтов уменьшается к западу и югу. Преимущественный цвет отложений – красный за счет присутствия безводных и маловодных окислов железа.

Петрографический состав пород разнообразен. Обломочные породы принадлежат обычно к полимиктовому типу. Кластический материал представлен кварцем /40–60%/, полевым шпатом, в основном, плагиоклазами, реже калишпатами /10–15%/ и обломками пород /до 30%/ – кремней, кварцитов, глинистых и глинисто-сланцистых пород, часто сильно измененных. В тяжелой фракции преобладают магнетит, ильменит, лейкоксен, циркон, апатит, гранат; наблюдаются также рутил, анатаз, турмалин, монацит, хромшпинелиды, ксенотим и др. Глинистые породы преимущественно гидросланцистые, с примесью монтмориллонита. Особенностью всех пород, составляющих подформацию, является их повышенная карбонатность.

В геохимическом отношении отложения красноцветной подформации весьма интересны. Им свойственна сингенетическая обогащенность медью, свинцом, цинком, ртутью и рядом других металлов. Содержание меди в породах, хотя и не превышает величину кларка, по А.П.Виноградову /1962/ для глин и сланцев, тем не менее выше, чем в отложениях перекрывающих и подстилающих формаций /2,5–3,9.10⁻³%/. Содержание свинца в песчаниках и карбонатных осадках /5,5–7,1.10⁻²%/ необычно высоко как по сравнению с отложениями других формаций, так и по сравнению с величиной кларка, превышая последнюю в 2–3,5 раза. Несколько выше величины кларка среднее содержание хрома /11,6–13,4.10⁻³%/. Содержание ртути превышает величину кларка на порядок /3,13–9,8.10⁻⁵%/. Для перечисленных металлов характерна довольно высокая дисперсия содержания /0,35–0,58/, свидетельствующая о неравномерности распределения и наличии концентраций. Особенностью распределения ряда металлов в различных литологических типах пород,

славянских подформаций, является нарушение упорядоченного типа распределения. Максимальное содержание свинца наблюдается в известняках, меди и ртути - в песчаниках, никеля и хрома - в алевролитах.

Сингенетическому накоплению металлов в осадках подформации способствовал тектонический режим, существовавший во время их отложения, - начало инверсии Донецкого бассейна и накопление терригенных осадков ранней перми в условиях активной тектонической деятельности. При этом медью обогащались преимущественно песчаники, а свинцом и цинком - карбонатные осадки, несколько более удаленные от источников сноса в сторону моря.

"Бараженность" осадков перечисленными металлами нередко сопровождается наличием обособленных медных, свинцовых и цинковых минералов. Так, точечная медная минерализация встречается во всей толще пород картамышской свиты на широкой площади. Она приурочена обычно к углефицированным растительным остаткам, заключенным в прослоях серых песчаников, реже алевролитов и глин. В отложениях подформации известны также крупные концентрации меди, образующие рудопроявления сульфидных и окисленных медных руд. Последние сосредоточены вдоль выходов отложений свиты на поверхность по юго-восточному борту Бахмутской и Кальмиус-Торецкой котловин и образованы в результате процессов эпигенеза. Медное оруденение нередко сопровождается свинцовым, либо просто повышенными содержаниями свинца, цинка, реже молибдена, серебра, ванадия и других элементов.

Г а л о г е н н о - к а р б о н а т н а я
п о д ф о р м а ц и я

в стратиграфическом отношении охватывает отложения викитовской, славянской и краматорской свит вышней перми. Нижняя часть подформации образована преимущественно глинисто-карбонатно-ангидридовыми породами /викитовская свита/, а верхняя - соляными /славянская и краматорская свиты/. Подформации свойственны ритмическая смена осадков в разрезе, отражающая периодическую смену фациальных условий осадконакопления от нормально-морских до лагунарных, а также зональность в площадном строении: в центральной части площади ее распространения развиты преимущественно соленосные отложения, а в периферических частях - синхронные с ними карбонатные, сульфатные и терригенные породы. Мощность подформации 1000-1300 м.

1591

Карбонатные породы в составе подформации представлены известняками, доломитами и переходными между ними разностями от известковых доломитов до доломитовых известняков. Среди известняков нередки разности с обильной примесью терригенного материала /15-20%/. Сульфатные породы представлены ангидритами и гипсами. Галогенные - каменной и калийной солями. Каменная соль образует отдельные пласты и мощные толщи, достигающие нескольких десятков метров. Соленасыщение разреза увеличивается от викитовской к славянской свите и достигает максимума в краматорской свите /до 90%/. Калийные соли, представляющие собой продукты последних стадий галогенного осадкообразования, приурочены к самой верхней части разреза галогенно-карбонатной подформации - краматорской свите. Терригенные отложения галогенно-карбонатной подформации образованы глинами, алевролитами и в меньшей мере, песчаниками, нередко засоленными. Обломочный материал песчаников и алевролитов состоит главным образом из кварца и кремней, в меньшей мере - обломков породполевых шпатов и слюд. Глинистые минералы относятся преимущественно к гидрослюдам. Тяжелая фракция терригенных пород ничтожно мала; представлена магнетитом, гранатом, цирконом, рутилом, турмалином, ставролитом, апатитом.

Отложения галогенно-карбонатной подформации северо-западного Донбасса и всего Доно-Днепровского прогиба в целом отличаются пониженным фоном большинства рудогенных элементов. Исключение представляют лишь некоторые литологические разности пород, например, некоторые горизонты известняков и доломитов, обогащенные свинцом / $2,5 \cdot 10^{-3}\%$ / и ртутью / $17,9 \cdot 10^{-5}\%$ / в количествах, превышающих кларк /табл. 1, 4/. Хемогенные осадки почти лишены примесей. В них постоянно присутствует лишь медь; нередко также наличие в солях ртути / $3,1 \cdot 10^{-5}\%$ /. Терригенные составляющие подформации отличаются более высоким фоном изучаемых элементов по сравнению с хемогенными осадками, во пониженным в сравнении с породами других формаций. При этом содержание рудогенных элементов в терригенных породах убывает вверх по разрезу. Дисперсия содержаний обычно довольно высокая, особенно в карбонатных породах. Распределение металлов в различных литологических типах пород терригенного ряда относится к упорядоченному типу.

Таким образом, во время накопления осадков галогенно-карбонатной подформации в целом существовали неблагоприятные условия для сингенетического накопления в них ряда кластогенных ме-



таллов. Лишь в кратковременные морские трансгрессии, когда отлагались карбонатные горизонты, происходил привнос в бассейн седиментации несколько повышенных количеств свинца и, в меньшей мере, цинка. В некоторых карбонатных горизонтах никитовской свиты /особенно R_1 и R_2 Бахмутской котловины/ установлены проявления свинцово-цинковой сульфидной минерализации.

Пестроцветная формация поздней перми - триаса

Эта формация отражает конечный этап формирования Донецкой субгеосинклинали и может рассматриваться как аналог молассовых формаций. В составе пестроцветной формации по литологическому характеру слагающих ее пород выделяются две подформации /Ф.Е. Лапчик, 1964/: нижняя - глинисто-песчано-конгломератовая, с преобладанием в разрезе песчаных отложений /мощность до 400-450 м/, и верхняя - песчано-глинистая, с преобладанием глинистых осадков /мощность 450-500 м/. В стратиграфическом отношении нижняя подформация отвечает дроновской свите верхней перми, а верхняя - серебрянской серии и протопивской свите триаса. Фациальные типы осадков представлены песчаными и галечными фациями прибортовой и центральной частей аккумулятивной равнины, а также песчано-глинистыми озерными фациями. Окраска пород пестрая за счет чередования красных, зеленых, серых пород, свидетельствующих о смене окисно-закисного режима осадкообразования. В нижней части формации преобладает красная окраска, кверху увеличивается сероцветность, что указывает на постепенную гумидизацию климата.

Петрографический состав пород слагающих формацию свит различен. Песчаники дроновской свиты характеризуются преимущественно полимиктовым составом, имеют примесь туфогенного материала в виде обломков /от единичных до 1-15% легкой фракции/ диagenезированных туфов и вулканического стекла. Среди серебрянских песчаников преобладают полевошпато-кварцевые разности, с довольно свежими калишпатами. Песчаники протопивской свиты преимущественно кварцевые, хотя встречаются и полимиктовые разности с обломками пород и плохой сортировкой материала - так называемые "мусорные". Различен также состав тяжелой фракции песчаников разного возраста, что свидетельствует об изменении области сноса. В тяжелой фракции дроновских песчаников присутствуют сульфиды и окислы железа, ильменит, турмалин, циркон, рутил, гранат, лейкоксен, апатит, барит, ставролит, реже анатаз, титаномагнетит,

газенит, сфазерит, единичные зерна хромита. В песчаниках сере - брянской серии основными минералами тяжелой фракции являются гранат, барит, апатит, ставролит, сфен; в меньшем количестве, но постоянно присутствуют ильменит, циркон, магнетит, пирит, турмалин; редко наблюдаются лейкоксен, рутил, хромит, шпинель и др. В пе - счаниках протокинской свиты в тяжелой фракции главную часть со - ставляют черные рудные минералы /ильменит, магнетит, титано-магне - тит, резе хромит/ и пирит, в большом количестве присутствует циркон, в малых количествах - турмалин, рутил, гранат, лейкоксен, ставролит. Глины и глинистая фракция песчаников в отложениях дровосной свиты преимущественно гидрослицистые; в серебрян - ской серии, наряду с гидрослидами, все большую роль начинают играть монтмориллонит; в протокинской свите появляется каолинно - гидрослицистая ассоциация.

Отложения пестроцветной формации весьма интересны в геокси - мическом отношении и благоприятны для концентрации металлов. При этом различные части разреза формации настолько отличаются по содержанию ряда малых элементов, что результаты спектрально - го изучения палеонтологически немых толщ пестроцветной форма - ции могут успешно использоваться для их корреляции /рис. I/. Породы дровосной свиты P₂ характеризуются устойчивыми пони - шенными содержаниями хрома /15,1-24,1.10⁻²%/, ванадия /5,8 - 9,8.10⁻²%/, никеля /5,4-6,1.10⁻²%/ и молибдена /1,37.10⁻⁴%/. Породы серебрянской серии отличаются пониженными содержаниями всех металлов по сравнению с выше- и никележащими образования - ми /средние содержания хрома - 4,6-7,2.10⁻²%; ванадия - 2,9- 4,9.10⁻²%; никеля - 1,0-2,9.10⁻²%; молибдена - 0,32.10⁻⁴%/.

В целом отложения пестроцветной формации отличаются бо - лее высоким фоном большинства рудогенных элементов по срав - нению с отложениями залегающей ниже ^{галагогенно-}карбонатной подфор - мации. Наиболее характерными металлами для пестроцветной форма - ции являются хром и молибден, в меньшей мере - ртуть, ванадий и др. Фоновые содержания этих металлов превышают величину клар - ка. Они образуют здесь концентрации, обычно приуроченные к эпи - генетически измененным породам, содержащим битумы. Дисперсия содержаний металлов в породах формации колеблется в широких пределах. В распределении металлов по петрографическому профи - лю пород наблюдается как упорядоченный, так и пестрый тип рас - пределения.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить геохимическую и металлогеническую специализацию палеобойских осадочных формаций на территории Дово-Днепровского прогиба. Для каждой формации характерен свой устойчивый комплекс рудогенных элементов: свинец и цинк — для терригенно-угленосной формации, медь и свинец — для красноцветной субформации, молибден и хром — для пестроцветной формации. При этом средние содержания этих металлов настолько устойчивы для отдельных свит, что данные спектрального изучения пород могут служить целям стратиграфической корреляции немых толщ. Различия в содержании малых элементов в свитах согласуются с различиями их петрографического состава. Так, отложения дрововской свиты содержат большое количество гидроокислов железа, концентрирующих упомянутые элементы. Значительный процент тяжелых фракций пород свиты составляют такие минералы, как магнетит, титаномагнетит, ильменит, лейкоксен, в которых наблюдаются высокие содержания сидерофильных элементов. В отложениях залегающего выше триаса значительно ниже содержания окислов и гидроокислов железа и в составе тяжелой фракции преобладают гранат, барит, ставролит, не концентрирующие рудогенных элементов. Очевидно, по мере накопления осадочных толщ в изучаемом районе менялись условия накопления в осадках рассеянных металлов, связанные с изменениями палеогеографических условий, в первую очередь, областей питания, и определившие геохимическую специализацию отдельных осадочных формаций.

В разрезе верхнепалеозойских осадочных формаций, изученных в районе, относительно повышенными содержаниями рудогенных элементов отличаются красноцветная подформация S_3^3 и P_1 и пестроцветная формация $P_2 - T$. Наряду с сингенетической обогащенностью такими металлами как медь, свинец, цинк, ванадий, хром, молибден, этим формациям свойственна неравномерность распределения металлов в разрезе и на площади. В них известны эпигенетические рудные концентрации перечисленных металлов.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ МЕТАЛЛОВ В КРАСНОЦВЕТНОЙ ПОДФОРМАЦИИ И ПЕСТРОЦВЕТНОЙ ФОРМАЦИИ

Во введении к данной работе было указано, что при проведении исследований из широкой гаммы микроэлементов, присутствующих в породах, были выбраны наиболее характерные для района металлы, которые могут давать самостоятельные концентрации либо являются

спутниками редкометалльного оруденения. Это ванадий, хром, кобальт, никель, молибден, медь, цинк, свинец и ртуть. Для этих металлов было изучено распределение как в вертикальном разрезе, так и по площади и построены карты распределения на площади развития красноцветной подформации и пестроцветной формации, как наиболее интересных в разрезе с точки зрения геохимии и металлогении.

Составление карт распределения микроэлементов в породах позволило установить ряд закономерностей их первичного накопления, последующего перераспределения и образования концентраций.

1. В а н а д и й

Содержание ванадия в изученном разрезе не превышает величину кларка, по А.П.Виноградову, 1962. Наибольшие содержания $/5,5-14,6 \cdot 10^{-2}\%$ характерны для терригенных пород красноцветной подформации, терригенно-угленосной формации и дровновской свиты P_2 пестроцветной формации, наименьшие $/1,2-3,2 \cdot 10^{-2}\%$ - для карбонатных осадков всех формаций; в сульфатных и галогенных породах ванадий отсутствует /табл. 1/. Распределение ванадия по петрографическому профилю по од относится к упорядоченному типу. Дисперсия логарифмов содержаний невысокая $/0,11-0,25/$ для терригенных пород большинства формаций и высокая $/0,50-0,67/$ для карбонатных осадков, то есть для последних характерно более неравномерное распределение ванадия.

Ванадий в толще терригенных пород концентрируется в глинах, а также в глинистой и тяжелой фракциях песчаников, как показал проведенный баланс по фракциям разделенных пород /табл. 2, а/. Основными минералами-концентраторами ванадия являются /таблица 3/ магнетит /до 0,1%/, титаномагнетит $/0,03-0,1\%$ /, ильменит /до 0,06%/, слюды /до 0,03%/, титанит $/0,01\%$ /, включающие ванадий в виде изоморфной примеси. Носителями ванадия в указанных породах являются также гидроокислы железа /до 0,03%/, и твердые битумы /до 1%/, где возможно его нахождение как в сорбированной форме, так и в виде изоморфной примеси, а в битумах - и ванадий-органических соединений. В магнетитах и титаномагнетитах наблюдается положительная корреляция содержаний ванадия и титана.

Изучение корреляционных связей малых содержаний ванадия и прочих металлов в породах осадочных формаций северо-западного Донбасса показало, что чаще всего наблюдается положительная кор-

БАЛАНС МЕТАЛЛОВ В ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОДАХ ПЕСТРОЦВЕТНОЙ ФОРМАЦИИ ПЕРМО-ТРИАСА

Наименование фракций		Ванадий		Х р о м				Кобальт		Никель		Медь		Цинк		Свинец	
		Вес, г	Содержание, %	Вес, г	Содержание, %	Вес, г	Содержание, %	Вес, г	Содержание, %	Вес, г	Содержание, %	Вес, г	Содержание, %	Вес, г	Содержание, %	Вес, г	Содержание, %
Исходная проба		1100	0,004	1100	0,01	2980	0,008	1270	0,0004	2220	0,003	2220	0,002	1990	0,02	1270	0,001
Глинистая фракция		31,5	0,01	31,5	0,02	22,8	0,02	59,9	0,001	23,5	0,01	23,5	0,003	23,2	0,04	59,9	0,001
Лёгкая фракция, $d < 2,9$		15,6	0,002	15,6	0,002	50,4	0,002	210,0	0	200,0	0,001	200,0	0,0003	64,8	0	210,0	0
Тяжелая фракция, $d > 2,9$		14,6	0,05	14,6	0,2	2,65	0,8	4,7	0,006	4,8	0,015	4,8	0,06	60,5	0,1	4,7	0,01
В том числе	Магнитная	4,0	0,1	4,0	0,1	0,30	2,0	0,1	0,002	0,2	0,02	0,2	0,0003	0,05	0	0,1	0,0003
	I электромагнитн.	1,5	0,01	1,5	0,05	1,1	0,5	0,2	0,003	1,6	0,01	1,6	0,04	0,5	0,03	0,2	0,006
	II электромагнитн.	7,8	0,03	7,8	0,5	1,1	0,02	0,2	0,008	0,6	0,008	0,6	0,2	1,3	0,4	0,2	0,006
	Немагнитная	1,3	0,01	1,3	0,1	0,3	0,01	4,1	0,001	2,4	0,003	2,4	0,05	58,5	0,15	4,1	0,02
Хвосты проб	Шламы	297	0,003	297	0,005	629	0,004	234	0,0001	791	0,001	791	0,001	495	0,02	234	0,001
	Пески	740	0,001	740	0,002	2275	0,002	660	0,0001	1200	0,0008	1200	0,0004	1340	0,003	660	0,0003
Минералы с максимальным содержанием металлов		Магнетит, титаномагнетит, гидроокислы Fe.		Гидроокислы Fe, магнетит,		Хромит, ильменит.		Магнетит, ильменит, лейкоксен.		Магнетит, ильменит, глинистые минер.		Гидроокислы Fe, сульфиды (пирит, сфалерит).		Сульфиды (сфалерит), гидроокислы Fe.		Сульфиды (пирит).	

реляционная связь ванадия с элементами группы железа - хромом, никелем и кобальтом. Величина коэффициентов корреляции достигает $+0,70-0,84$. Установленные корреляционные связи согласуются с содержаниями и формами нахождения указанных элементов в мономинеральных фракциях пород и объясняются геохимическим парагенезисом ванадия с хромом, никелем, гидроокислами железа.

Схематические карты распределения ванадия на площади развития отложений пестроцветной формации и красноцветной подформации /рис. 2 / позволили выявить, что распределение ванадия, как и всех остальных описываемых металлов, тесно связано со структурным планом региона. Зоны с повышенным содержанием $7-10 \cdot 10^{-3}\%$ на фоне $3-5 \cdot 10^{-3}\%$ для пестроцветной и $5-7 \cdot 10^{-3}\%$ для красноцветной формаций/ согласуются с тектонически подвижными зонами. Одна из площадей с повышенными содержаниями ванадия в породах тяготеет к полосе поднятий Петровское-Степковское-Ново-Мечебиловское, вторая - к полосе поднятий Красно-Оскольское - Адамовское - Бантышевское - Ново-Троицкое. То есть обе площади имеют субмеридиональную ориентировку, поперечную к основным линейным донецким структурам, и согласуются с поперечными тектоническими зонами, выделяемыми рядом исследователей /В.А.Титовой, 1970; В.И.Скаржинским, 1970 и др./ . Участки с максимальным содержанием ванадия в породах $10-20 \cdot 10^{-3}\%$ и более/ примыкают к древним конседиментационным разломам глубокого заложения и обычно располагаются в узлах пересечения разнонаправленных нарушений. Наблюдаемые в толще отложений пестроцветной формации концентрации ванадия до $50-160 \cdot 10^{-3}\%$ связаны с эпигенетически измененными породами донской свиты, содержащими твердые битумы.

В отложениях красноцветной субформации ванадий сопровождается медное оруденение и установлен в повышенном количестве /до $0,27\%$ / в Клиновском медном проявлении в конкрециях халькозина.

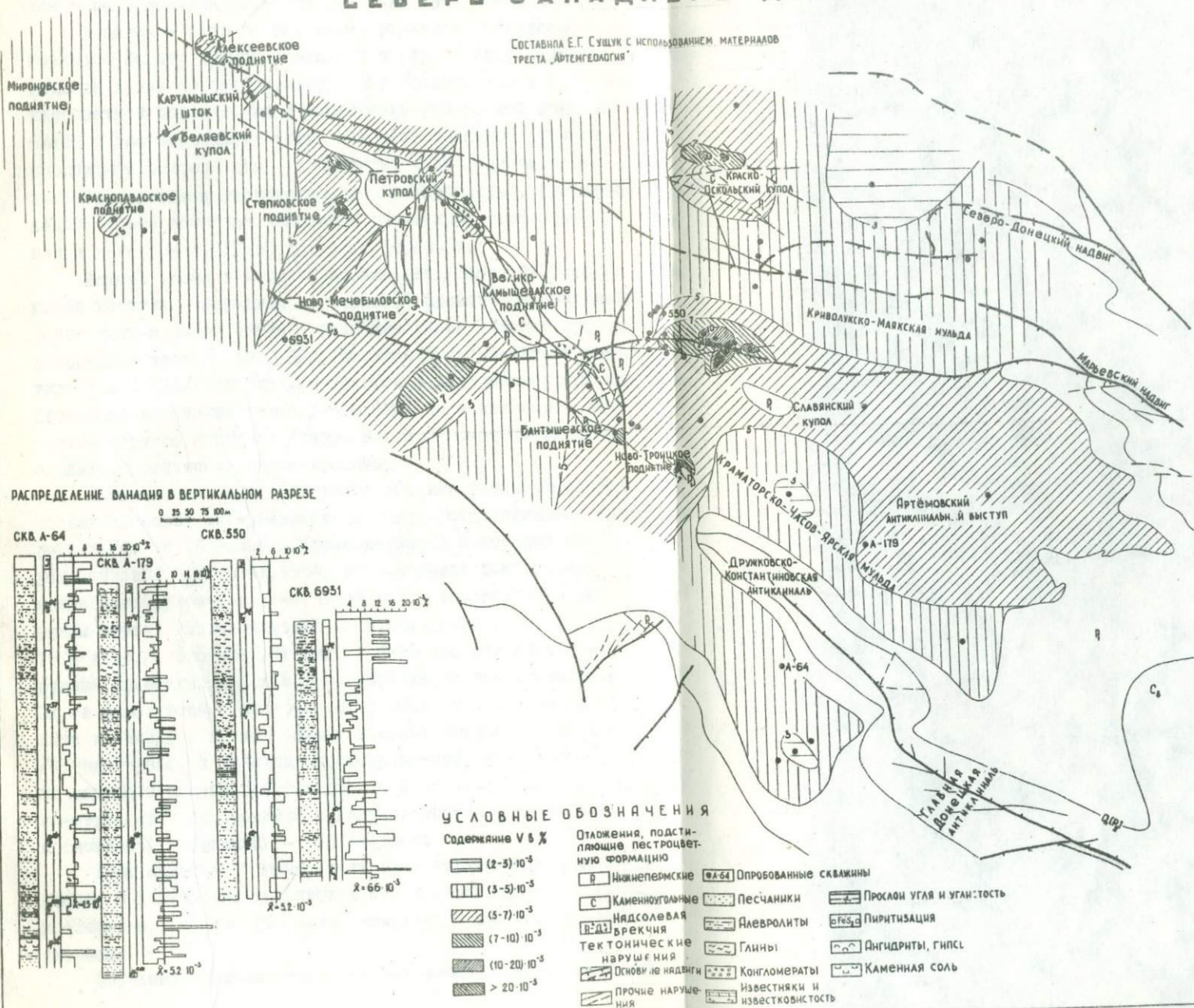
В районе Степковского поднятия в черном связистом песчанике из основания серебрянской серии триаса /пестроцветная формация/ О.М.Бабенко, 1973, обнаружены окислы ванадия из группы монтрозит-корвусита, вкрапленные в цемент и обрастающие корочками кластические зерна.

2. Х р о м

Содержание хрома в изучаемых породах превышает средние значения, характерные для аналогичных пород земной коры /табл.

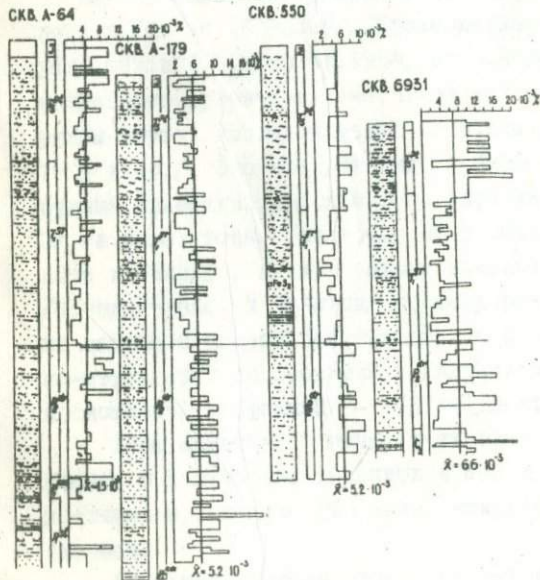
СХЕМАТИЧЕСКАЯ КАРТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВАНАДИЯ В ОТЛОЖЕНИЯХ ПЕСТРОЦВЕТНОЙ ФОРМАЦИИ Р₂-Т, СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

Составила Е.Г. Сушук с использованием материалов
Треста "Артемгеология"



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВАНАДИЯ В ВЕРТИКАЛЬНОМ РАЗРЕЗЕ

0 25 50 75 100м



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Содержание V в %

- (2-3) · 10⁻³
- (3-5) · 10⁻³
- (5-7) · 10⁻³
- (7-10) · 10⁻³
- (10-20) · 10⁻³
- > 20 · 10⁻³

- Отложения, подстилающие пестроцветную формацию
- Нижнепермские
- Каменноугольные
- Нижнекаменная
- Тектонические нарушения
- Основы неядвиги
- Прочие нарушения

Опробованные скважины

- Песчаники
- Алевриты
- Глины
- Конгломераты
- Известняки и известковистость
- Проклаи угля и угленосность
- Пиритизация
- Ангидриды, гипс
- Каменная соль

1/. Максимальные содержания свойственны отложениям дроновской свиты P_2 пестроцветной формации /до $24,1 \cdot 10^{-3}\%$ /, минимальные - хемогенным осадкам $/1 \cdot 10^{-3}\%$ /; в соли хром не зафиксирован.

В целом в разрезе осадочных формаций описываемого района наиболее богаты хромом отложения пестроцветной формации. Распределение хрома по петрографическому профилю пород в галогенно-карбонатной подформации и терригенно-угленосной формации относится к упорядоченному типу, а в пестроцветной формации и красноцветной подформации - к пестрому типу /максимальные содержания наблюдаются в песчаниках либо алевритах/. Дисперсия содержания хрома наиболее высокая в песчаниках пестроцветной формации и в карбонатных породах всех формаций.

Баланс хрома в породах показывает /табл. 2/, что основная масса металла содержится в лигнитной фракции, а максимальные концентрации наблюдаются в ряде минералов тяжелой фракции: гидроокислах железа /до $0,6\%$ /, ильмените, магнетите и титаномagnetите /до $0,25\%$ /, где хром находится в виде изоморфной примеси. Хром содержат также слюды /до $0,08\%$ / и, в незначительном количестве, другие минералы /табл. 3/. В обломочной части пород наблюдаются единичные зерна хромита.

В отложениях пестроцветной формации установлена эпигенетическая хромовая минерализация в виде хромсодержащего монтмориллонита /более 1% хрома/. Хромсодержащий монтмориллонит впервые установлен К.И.Тюковой, 1964, на основании рентгеноструктурных и электронографических исследований и впоследствии подтвержден рядом других исследователей /Г.В.Комаровой, 1969; И.И.Сахацким, 1969 и др./. Это минерал яркого бирюзово-зеленого цвета, образующий линзочки, прослойки по слоистости вмещающих пород /рис. 3/, а также тонкие плечочки по трещинкам новообразованного кальцита и, иногда, каемки вокруг твердых битумов. В редких случаях /Новодмитровский участок/ хромсодержащий монтмориллонит не только замещает цемент песчаников, но и развивается в виде прожилково-струйчатых образований в гидрослюдистых глинах. Показатель преломления /средний/ - $1,515-1,558$.

Хром содержится также в твердых черных и цветных битумах, обычно в количестве тысячных и сотых долей процента, изредка достигая $0,1$ и даже 1% , концентрируясь в прожилковых выделениях битумов.

Изучение корреляционных связей малых содержаний хрома и

СРЕДНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МЕТАЛЛОВ В МОНОМИ-
НЕРАЛЬНЫХ ФРАКЦИЯХ ПОРОД ПЕРМО-ТРИАСА.

Минералы	Кол. проб	Среднее содержание, %						
		V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Pb
Магнетит	14	0,027	0,046	0,003	0,005	0,0008	0,034	0,0004
- титаномагнетит	4	0,050	0,086	0,003	0,009	0,0005	0,020	-
ильменит	4	0,023	0,085	0,012	0,016	0,0009	0,007	0,003
титанил	1	0,010	-	-	-	0,0001	-	0,002
гидроокислы железа	14	0,008	0,110	0,0009	0,004	0,005	0,036	0,020
пирит	7	0,0005	0,007	0,003	0,004	0,020	0,050	0,017
ставролит	1	0,0008	0,003	0,0005	0,001	0,0006	0,008	0,001
барит	2	0,0006	0,003	0,0005	0,0003	0,0006	0,008	0,001
апатит	3	0,0003	0,0003	0,0001	0,0007	0,0009	-	0,001
циркон	1	0,0001	-	-	0,0003	0,0001	-	-
кварц	14	0,001	0,001	-	0,0008	0,0003	-	0,0003
кварц ожелезнённый	6	0,004	0,004	-	0,002	0,0005	-	0,0002
полевоы шпат (ор-	1	0,0003	-	-	-	0,003	-	0,003
тоглас								
слюды	8	0,010	0,018	0,003	0,005	0,002	0,022	0,0015
глинистые минер. (гидрослюды, монт- мориллонит)	26	0,008	0,016	0,0005	0,012	0,002	0,008	0,002

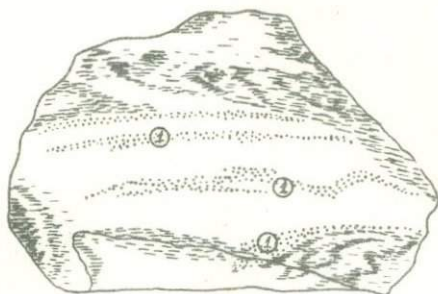


Рис. 3 Зарисовка штуфа битуминозного песчаника с хромсодержащим монтмориллонитом /1/

прочих металлов в породах осадочных формаций района показало наличие постоянной положительной линейной корреляции хрома с никелем и ванадием, с коэффициентом корреляции до $+0,74$. Реже наблюдается корреляция содержаний хрома и кобальта, хрома и меди и др. Установленные корреляционные связи согласуются с формой нахождения и распределением хрома и прочих металлов в изучаемых породах.

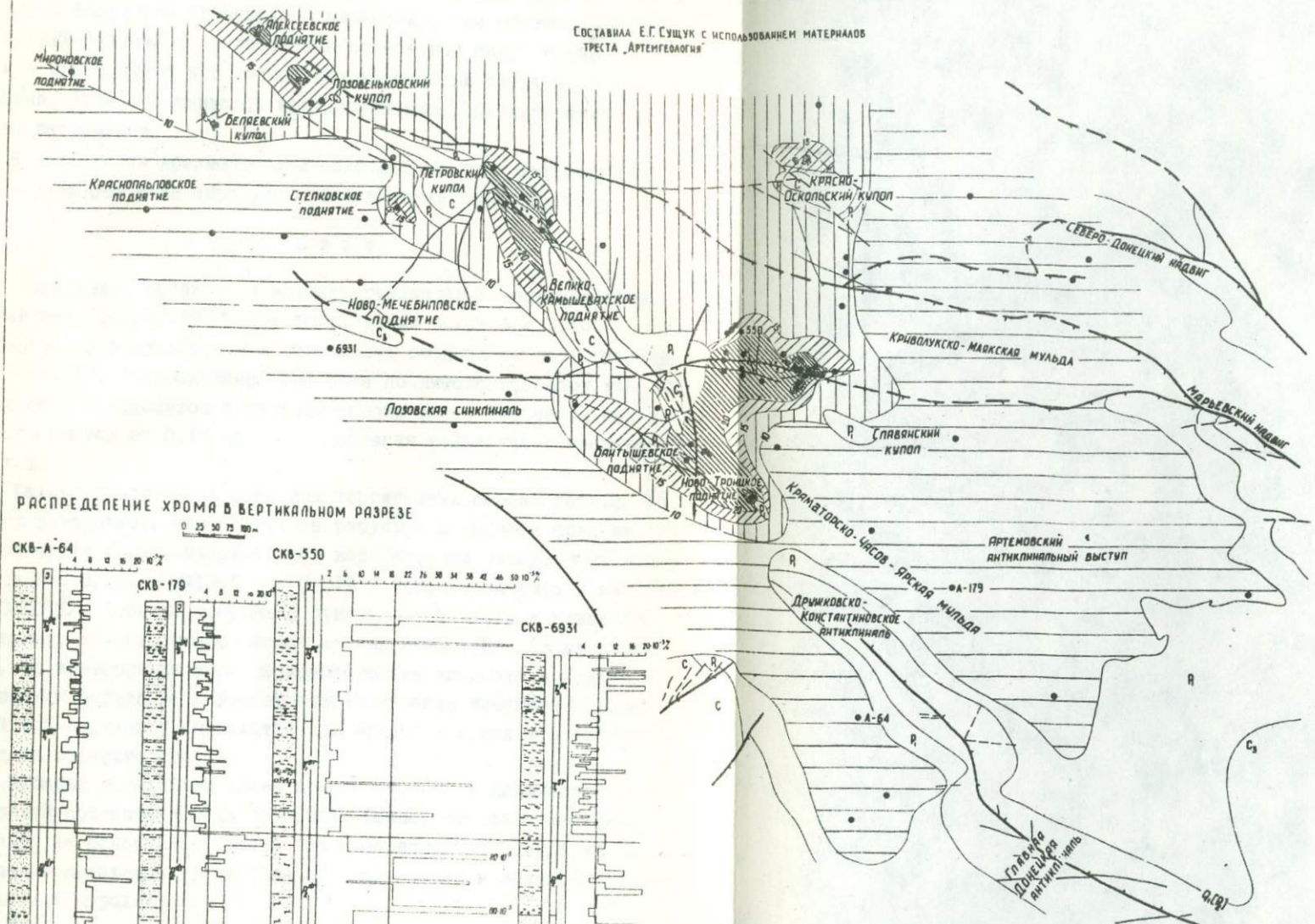
Распределение хрома по площади развития отложений изучаемых формаций подчиняется в общем тем же закономерностям, которые установлены для ванадия. Хром концентрируется вблизи региональных тектонических нарушений, в узлах пересечения равнонаправленных разломов, в породах с повышенной проницаемостью, то есть распределение хрома в породах во многом определяется структурно-тектоническими особенностями региона /рис. 4 /.

Для отложений пестроцветной формации фоновое содержание хрома составляет $5-10 \cdot 10^{-3}\%$, а для красноцветной подформации $10-15 \cdot 10^{-3}\%$. На этом фоне выделяются зоны с содержанием хрома $20-40 \cdot 10^{-3}\%$, а в отдельных участках до $200 \cdot 10^{-3}\%$. Самые высокие содержания хрома прослеживаются в поперечной полосе поднятий: Красный Оскол - Адамовка - Бантышево - Ново-Троицкое, а также в районе Берекского поднятия и Картамышского купола.

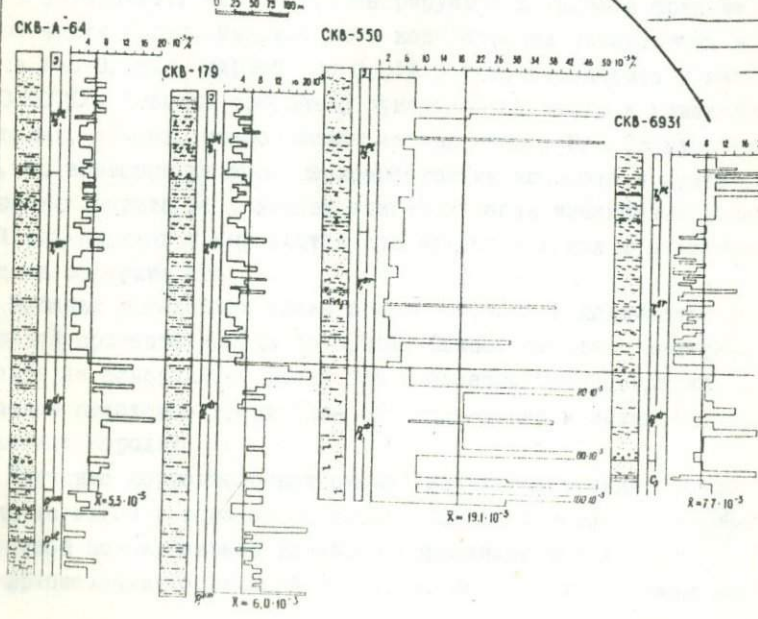
Хром концентрируется в эпигенетически измененных породах дровновской свиты P_2 на купольных структурах, в строго опреде-

СХЕМАТИЧЕСКАЯ КАРТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХРОМА В ОТЛОЖЕНИЯХ ПЕСТРОЦВЕТНОЙ ФОРМАЦИИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

СОСТАВИЛА Е.Г. СУШУК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛОВ
ТРЕСТА „АРТЕНГЕОЛОГИЯ“



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХРОМА В ВЕРТИКАЛЬНОМ РАЗРЕЗЕ



<p>СОДЕРЖАНИЕ Cr₂O₃</p> <ul style="list-style-type: none"> (5-10) 10⁻³ (10-15) 10⁻³ (15-20) 10⁻³ (20-40) 10⁻³ > 40 10⁻³ 		<p>УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ</p> <p>ОТЛОЖЕНИЯ, ПОДСТАИЛЮЩИЕ ПЕСТРОЦВЕТНУЮ ФОРМАЦИЮ</p> <ul style="list-style-type: none"> Нижнелермонские Каменистоугольные Надсоловская брекчия 		<p>ТЕКТОНИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ</p> <ul style="list-style-type: none"> Основные надвиги Прочие нарушения Опробованные скважины 		<p>ПЕСЧАНИКИ</p> <ul style="list-style-type: none"> Песчаники Алевриты Глины Конгломераты Известняки и известковистость 		<p>ПРОСАДИ УГАИ И УГАНСТОТЬ ВИРНТИЗАЦИЯ</p> <ul style="list-style-type: none"> Выщелоченные известняки Гипсы Каменная соль 	
--	--	---	--	--	--	--	--	---	--

ленной зоне эпигенетических изменений, непосредственно связанной с проявлениями битумов. Заслуживающая внимания концентрация хрома установлена на южном крыле Адамовского поднятия вблизи регионального Корульско-Дроновского нарушения, где обогащенные хромом до 0,1-1% битуминозные песчаники дроновской свиты мощностью 10-20 м в плане имеют вид полосы протяженностью около 3 км вдоль нарушения. Хром содержится в монтмориллоните, развивающемся в цементе песчаников.

В отложениях красноцветной подформации хром распределен более равномерно и не образует столь высоких концентраций.

3. К о б а л ь т

Содержание кобальта в породах района ниже величины кларка и составляет $1-1,7 \cdot 10^{-3}\%$ для терригенных пород и $< 1 \cdot 10^{-3}\%$ для карбонатных; в сульфатных и галогенных осадках кобальт отсутствует /табл. 1/. Распределение кобальта по литологическому профилю пород обычно относится к упорядоченному типу. Дисперсия содержания колеблется от 0,17 до 0,60, достигая максимума в карбонатных осадках.

Баланс кобальта по фракциям терригенных пород /табл. 2/ позволил установить, что он концентрируется в тяжелой фракции обломочной части пород. Максимальные концентрации установлены в ильмените /до 0,03%/, пирите /до 0,01%/, титаномагнетите и магнетите /до 0,007%/. Кобальт постоянно присутствует также в глинистых минералах, слюдах, гидроокислах железа /табл. 3/. Следует отметить, что несмотря на высокие концентрации кобальта в некоторых генерациях пирита на участках эпигенетически измененных пород, целый ряд пиритов и марказитов как измененных, так и неизмененных пород не содержит его.

Кобальт установлен также в золе битумов в количестве тысячных долей процента, иногда до 0,01%. Самостоятельных минералов кобальта не обнаружено, равно как и заметных концентраций. Наблюдается некоторое увеличение его содержания в эпигенетически измененных породах.

Изучение корреляционных связей малых содержаний кобальта и прочих металлов в породах осадочных формаций показало наличие постоянной положительной линейной корреляции кобальта и никеля, с коэффициентами корреляции до +0,79. Нередка также корреляцион-

ная связь с медью, ванадием и хромом. Коррелирующиеся металлы концентрируются в одних и тех же минералах.

4. Н и к е л ь

Среднее содержание никеля в породах района ниже величины клерка, хотя и близко к ней в глинисто-алевролитовой части разреза /4, 8-8, 2. $10^{-2}\%$ /. Содержание никеля в песчаниках - /2, 1-4, 0/. $10^{-2}\%$; в карбонатных осадках - /1, 7-2, 7/. $10^{-2}\%$; в хомогенных толщах никель либо отсутствует, либо содержится в ничтожном количестве /табл. 1/. В разрезе осадочных формаций, слагающих территорию, максимальными содержаниями никеля отличаются отложения красноцветной подформации и глинисто-алевролитовая часть большинства прочих формаций, при минимальных величинах дисперсии содержаний. Распределение никеля по петрографическому профилю пород в подавляющем большинстве случаев относится к упорядоченному типу.

Баланс никеля в терригенных породах изучаемого района /табл. 2/ свидетельствует о концентрации его в глинистой части и в ряде минералов тяжелой фракции. Максимальные содержания отмечены в ильмените /до 0,04%/, магнетите и титаномагнетите /до 0,01%/, пирите /до 0,008%/, гидроокислах железа /до 0,007%/. Никель постоянно присутствует также в слюдах и ряде других минералов /табл. 3/. Слюдами и глинистыми минералами никель может сорбироваться с образованием бруситоподобных слоев в смешанно-слоистых минералах. В гидроокислах железа он находится преимущественно в сорбированной форме, в остальных из перечисленных минералов возможна изоморфная примесь никеля.

В медистых песчаниках обнаруживаются единичные зерна никельсодержащего пирротина. В эпигенетически измененных песчаниках пестроцветной формации никель присутствует в твердых черных и цветных битумах /тысячные-сотые доли %/ и в пирите. Некоторые генерации пирита содержат 0,08-0,1% никеля, в то время как в неизмененных породах содержание никеля в пирите не превышает тысячных долей %.

Изучение корреляционных связей никеля с другими рудогенными элементами в породах осадочных формаций показало, что для никеля характерна постоянная корреляционная связь с кобальтом, ванадием и хромом, объясняемая их геохимическим парагенезисом. Величина коэффициентов корреляции достигает +0,84. Эпизодически наблюда-

ется корреляция содержаний никеля и меди, свинца и цинка, при сравнительно невысоких коэффициентах корреляции.

Распределение никеля в породах на площади описываемых формаций контролируется структурно-тектоническими факторами и подчиняется установленным общим для всех металлов закономерностям: поля повышенных содержаний обычно располагаются вблизи долгоживущих конседиментационных разломов, на склонах купольных структур, в породах с повышенной проницаемостью. Среднее содержание никеля в породах пестроцветной формации на большей части территории составляет $/2-3/ \cdot 10^{-2}\%$, красноцветной - $/3-5/ \cdot 10^{-2}\%$. На этом фоне выделяются площади и зоны с содержанием никеля $/5-10/ \cdot 10^{-2}\%$ и более, примыкающие к Корульско-Дроновскому и Петровско-Кременскому региональным нарушениям. Значительных концентраций никеля в районе не установлено.

5. Молибден

Параметры распределения молибдена в породах осадочных формаций северо-западного Донбасса не рассчитывались из-за низкой чувствительности спектрального анализа на этот элемент сравнительно с его клерком. Тем не менее во всех анализируемых пробах проверялось наличие молибдена, ибо в изучаемом районе молибден может образовывать концентрации. Молибден чаще всего фиксируется в отложениях дроновской, славянской, никитовской и картамышской свит перми, а самые высокие его содержания наблюдаются в дроновской свите.

Обычно молибден присутствует в глинах. Для славянской и никитовской свит характерно также наличие его в известняках. Концентрации молибдена, известные в районе северо-западного Донбасса, приурочены к эпизодически измененным песчаникам дроновской свиты верхней перми, относимой к пестроцветной формации.

Анализ фракций терригенных пород показал, что молибден постоянно присутствует в глинистых минералах и гидроокислах железа /до $0,0006\%$ /, нередко содержится в пирите $/0,0001-0,0003\%$ /, встречается в других минералах. В участках концентраций молибдена установлены его сульфиды /иордизит, реже молибденит/.

Наиболее значительным является рудопроявление молибдена в песчаниках дроновской свиты P_2 вблизи Славянского купола. Линзообразные рудные залежи сосредоточены вдоль субширотного нарушения. Содержание молибдена в рудах весьма неравномерное и колеб-

лется от тысячных долей до 1%, при среднем 0,032%. Основная часть молибдена находится в сульфидной форме. Моргизит /впервые установлен К.И.Тюковой, 1964/, реже молибденит наблюдаются в виде прожилков, корочек и налетов в твердом битуме, изредка на сульфидах железа. Иногда замещает битум и обрастает выделениями других минералов в битуме. При окислении покрывается с поверхности налетом ильземавита голубого цвета. Молибден на рудопоявлении установлен также в сульфидах железа и ртути, в глинистых минералах и в битумах. Особенно высокие содержания молибдена фиксируются в цветных твердых битумах - до 1%.

6. М е д ь

В разрезе осадочных формаций района сравнительно повышенным фоном меди /2,2-3,9.10⁻²%/, хотя и не превышающим величину кларка, отличаются отложения пермской красноцветной подформации. Они же отличаются самыми высокими дисперсиями содержаний меди /0,44-0,50/, пестрым типом распределения по литологическому профилю пород и наличием концентраций. Самые низкие содержания /0,3 - 1,8.10⁻²%/ характерны для пород галогенно-карбонатной подформации /табл. I/.

Баланс меди в породах свидетельствует о концентрации ее преимущественно в тяжелой фракции /табл.2/. Максимальные содержания установлены в сульфидах - пирите, сфалерите /сотые и десятые доли %/ и в гидроксилах железа - до 0,03% /табл.3/. В отложениях красноцветной субформации медь образует самостоятельную сульфидную минерализацию, представленную халькозином, халькопиритом, борнитом, ковеллином, в зоне окисления переходящую в малахит, азурит, куприт, хризоколлу. В отложениях пестроцветной формации в эпигенетически измененных битуминозных песчаниках в редких случаях устанавливаются халькозин и самородная медь /К.И.Тюкова, 1964/. Последняя образует неправильной формы выделения размером 0,16-0,1 мм в песчаниках, обычно покрытые с поверхности черной рубашкой тенорита.

Изучение корреляционных связей малых содержаний меди и прочих металлов в породах района показало, что довольно часто содержания меди коррелируются с содержаниями кобальта и свинца, при сравнительно небольших коэффициентах корреляции, от +0,32 до +0,67 /совместное нахождение в сульфидах/. Нередка также корреляция содержаний меди с содержаниями элементов группы же-

леза, что объясняется концентрацией большинства этих элементов гидроокислами железа.

Распределение меди на площади развития отложений пестро - цветной формации и красноцветной подформации следующее.

Отложения пестроцветной формации на большей части территории характеризуются средним содержанием меди $1-2 \cdot 10^{-2}\%$, которое повышается до $2-4 \cdot 10^{-2}\%$ вблизи разломов и на ряде купольных структур. В нескольких локальных участках в пределах зон эпигенетически измененных пород содержание меди составляет $4,2-14,8 \cdot 10^{-3}\%$. Отложения красноцветной подформации отличаются более высоким фоном меди - $2-3 \cdot 10^{-2}\%$. В них известен ряд рудопроявлений меди, приуроченных преимущественно к песчаникам картамышской свиты P_1 , получивших благодаря этому название медистых песчаников.

В медистых песчаниках точечная медистая минерализация встречается во всей толще пород на широкой площади. Все же основные рудопроявления сосредоточены вдоль выходов отложений свиты на поверхность по юго-восточному борту Бахмутской и Кальмиус-Торецкой котловин, увязываясь в единую металлогеническую зону с двумя рудными полями - Бахмутским и Кальмиус-Торецким. Медные руды приурочены к сероцветным эпигенетически измененным проницаемым породам в толще красноцветов. Существенным признаком "серых зон" является наличие в них растительных остатков различной степени углекислотной фиксации. Мощность рудоносных горизонтов колеблется от 0,2 до 15 метров. Оруденелые участки не выдержаны по простиранию серых зон. Содержание меди - от десятых долей до целых процентов. Почти на всех рудопроявлениях установлено наличие двух зон: окисленных и сульфидных руд. Зона окисления развита до глубины 35-40 метров, в зависимости от угла падения пород. Основным минералом рудоносных горизонтов является халькозин. Медная минерализация образует скопления мелких кристаллов, равномерную вкрапленность, конкреции, псевдоморфозы по растительным остаткам, выполняет мелкие трещинки в терригенных осадках. Запасы меди обычно не превышают нескольких сотен тонн, хотя известны и более значительные проявления.

Спутники медного оруденения - свинец, цинк, изредка ванадий. Содержание свинца в медных рудах обычно колеблется в пределах сотых - десятых долей процента, изредка поднимаясь до целых процентов /Берестяжское и Серебрянское рудопроявления/. Содержание цинка также составляет сотые-десятые доли %, максимум - 1,02%

/Суходольское рудопоявление/.

7. Ц и н к

В изученном разрезе близки к кларку содержания цинка в красноцветной подформации $6,8-7,3 \cdot 10^{-2}\%$ и превышают кларк содержания в глинисто-алевролитовой части пестроцветной и терригенно-угленосной формаций $8,5-16,5 \cdot 10^{-2}\%$. Для песчаников характерны содержания цинка от 2,1 до $5,7 \cdot 10^{-2}\%$. В сульфатных и галогенных осадках цинк отсутствует /табл. 1/. Дисперсия содержаний цинка в породах обычно колеблется в пределах 0,28-0,46, редко понижаясь до 0,18-0,23. При сравнении осадочных формаций по параметрам распределения цинка находим, что самыми высокими содержаниями и самыми высокими дисперсиями содержаний отличаются терригенно-угленосная формация и красноцветная подформация. Для этих же формаций известно наличие концентраций цинка. Самые низкие содержания свойственны отложениям галогенно-карбонатной формации, за исключением некоторых карбонатных горизонтов никитовской свиты P_1 , в которых известны проявления свинцово-цинковой минерализации.

Распределение цинка по литологическому профилю пород в большинстве случаев относится к упорядоченному типу; лишь для отложений красноцветной подформации характерен пестрый тип распределения.

Баланс цинка в породах показал, что цинк, как и прочие халькофильные металлы, концентрируется в тяжелой фракции /табл. 2/. Основная форма нахождения его в породах - сульфидная. Нередко в тяжелой фракции присутствуют единичные зерна сфалерита. Часто цинк устанавливается в мономинеральных фракциях пирита и марказита /до 0,2%/. Высокие содержания цинка установлены также в гидроокислах железа и слюдах /до 0,1% и магнетитах /до 0,06%/. Цинк содержат также глинистые минералы /особенно монтмориллонит/, ильменит, ставролит и др. /табл. 3/.

Изучение корреляционных связей цинка и прочих малых металлов в породах описываемых формаций показало, что только в отложениях терригенно-угленосной формации наблюдается почти постоянно корреляция содержаний цинка и содержаний свинца, никеля и меди, с коэффициентами корреляции до +0,62. В остальных формациях корреляционные связи носят случайный характер.

Распределение цинка на площади развития отложений красноцветной подформации следующее. Фоновое содержание

цинка для этих отложений составляет $3-5 \cdot 10^{-3}\%$. На отдельных площадях, примыкающих к региональным тектоническим нарушениям и купольным структурам, содержание цинка в породах возрастает до $5-10 \cdot 10^{-3}\%$. В ряде скважин отмечены аномальные содержания цинка - 0,1-0,2%, приуроченные к пиритизированным песчаникам.

На территории северо-западного Донбасса цинк образует концентрации /совместно со свинцом/ в надсолевой брекчии, в отложениях терригенно-угленосной формации, для которой он является характерным рудогенным элементом, в нижних карбонатных горизонтах галогенно-красноцветной формации /картамышская и никитовская свиты R_1 / и, в меньшей мере, в пестроцветной формации. Наиболее значительны по масштабам рудопроявления в карбоне, хотя ни одно из них не имеет промышленного значения /Бежанов и др., 1967; Богач, 1968; Кузнецова, 1970/. Рудопроявления обычно имеют полиметаллический состав, в них постоянно присутствуют /помимо сфалерита/ галенит, пирит, нередко киноварь, повышены содержания меди и других металлов. Мощность оруденелых прослоев не превышает первого десятика метров, масштабы оруденения невелики.

Проявления свинцово-цинковой минерализации в карбонатных горизонтах галогенно-красноцветной формации / Q_8-Q_{12}, R_1, R_2 / тяготеют обычно к центральной части Бахмутской котловины. Мощность оруденелых прослоев 0,2-0,7 м; оруденение прослеживается на 350-1500 м, редко до 7000 м /Камышевахская точка минерализации/; представлено мелкой вкрапленностью, реже гнездами и тонкими прожилками галенита, редко - халькопирита и сфалерита. Содержание цинка в них составляет обычно десятые доли %, редко подымаясь до целых процентов.

В красноцветной подформации цинк сопровождает медное оруденение и образует мелкие проявления полиметаллического состава в верхах араукаритовой свиты. В пестроцветной формации он концентрируется /до 0,3-1%/ в эпигенетически измененных проницаемых породах вблизи разломов и в периклинальных участках купольных структур. Здесь установлена /Тюкова, 1964; Сахацкий, 1969/ редкая вкрапленность сфалерита в карбонатном цементе песчаников и алевролитов, обычно в ассоциации с пиритом и марказитом, а также мельчайшие выделения в твердых битумах.

8. С в и в е ц

Основные статистические параметры распределения свинца в

породах описываемого района приведены в таблице 1. Среднее содержание свинца в отложениях красноцветной и терригенно-угленосной формаций, а также в известняках галогенно-карбонатной подформации превышает величину кларка, нередко в 2-3,5 раза, составляя $/2-7/ \cdot 10^{-3}\%$. В остальных формациях содержание свинца не превышает величины кларка $/2 \cdot 10^{-3}\%$. Для пород осадочных формаций с высоким содержанием свинца характерен пестрый тип распределения по петрографическому профилю пород: нередко его содержание в песчаниках выше, чем в глинах и алевролитах, максимальным содержанием могут характеризоваться известняки. Дисперсия содержания свинца самая высокая в известняках и доломитах $/0,49-0,82/$, в терригенных осадках колеблется в пределах $0,26-0,45$, достигая максимума в песчаниках красноцветной подформации.

Баланс свинца в терригенных породах с фоновым содержанием показал, что свинец концентрируется преимущественно в тяжелой фракции /табл. 2/. В редких случаях он образует самостоятельную минерализацию /галенит/, чаще находится в виде изоморфной примеси в других сульфидах и гидроокислах железа /до $0,06\%$ /. Свинец установлен в ряде других минералов - ильмените, титаните, ставролите, слюдах, полевоом шпате, глинистых минералах /табл. 3/. Он присутствует в твердых битумах, преимущественно в виде изоморфной примеси во включениях сульфидов железа.

Изучение корреляционных связей малых содержаний свинца и прочих металлов в осадочной толще северо-западного Донбасса показало, что наиболее часты корреляции в группе халькофильных металлов $Pb - Cu - Zn$, особенно в карбонатных осадках. Однако коэффициенты корреляции редко превышают $+0,50$. Установленные корреляционные связи согласуются с формами нахождения указанных элементов в породах.

Схематические карты распределения свинца на площади развития отложений пестроцветной формации и красноцветной подформации позволили выявить следующие закономерности. Основной фон свинца для обеих формаций одинаков и составляет $/1-2/ \cdot 10^{-3}\%$. Поля повышенных содержаний - $/2-4/ \cdot 10^{-3}\%$ и более наблюдаются вдоль региональных тектонических нарушений вблизи купольных структур с интенсивно развитой разрывной тектоникой. В ряде скважин обнаружены аномальные содержания свинца в размере сотых-десятых долей процента, приуроченные обычно к измененным песчаникам в зонах тектонических нарушений.

Свинец образует концентрации в надсолевой брекчии, в песчаниках и известняках терригенно-угленосной и галогенно-красно-цветной формаций и в терригенных породах пестроцветной формации. Свинцово-цинковые проявления в надсолевой брекчии и в отложениях терригенно-угленосной формации /Петровское, Ново-Мечебиловское, Беляевское и др./ расположены преимущественно в северо-западной части изучаемой территории. Содержание свинца в рудопроявлениях колеблется от сотых до десятых долей процента, редко подымаясь до целых процентов. Оруденение контролируется структурно-тектоническими факторами - зонами трещиноватости, брекчирования в пределах пронизываемых пластов и сопровождается повышенными содержаниями ряда других металлов - Hg , Cu , V , Cr и др.

В отложениях красноцветной подформации свинец является обычным спутником медного оруденения. Содержание его в медных рудах колеблется в пределах сотых-десятых долей %, изредка подымаясь до целых процентов. Максимальное содержание установлено в Серебрянском рудопроявлении /5,7-10,1%, приуроченном к песчаникам и глинам картамышской свиты. Оруденелые породы образуют небольшие линзы с вкрапленностью и тонкими прожилками галевита, малахита и азурита.

Спецификой медно-свинцово-цинковых проявлений в отложениях красноцветной подформации является пространственная дифференциация элементов как внутри самих проявлений, так и в вертикальном разрезе, что объясняется различной геохимической подвижностью этих элементов /Н.М.Страхов, 1962/. Медь тяготеет к обломочным породам, свинец и цинк - к карбонатным. Свинец и цинк, как более подвижные, обычно располагаются в более высоких стратиграфических горизонтах, чем медь /известняки Q_8-Q_{12} / и больше удалены от источников сноса, чем медные проявления. Они тяготеют к северной структурно-фацальной зоне подформации, в пределах которой увеличивается роль глинистых и карбонатных осадков.

В отложениях пестроцветной формации свинцовая минерализация установлена на ряде структур, где она связана с зонами тектонических нарушений, обычно в пределах эпигенетически измененных пород. Наиболее значительные проявления известны на Беляевской, Берекской и Степковской структурах. Содержание свинца в них подымается до целых процентов. Оруденение обычно наблюдается не только в песчано-глинистых отложениях P_2 и T , но и в нижележащих отложениях P_1 , карбона и битуминозной надсолевой брекчии.

9. Р т у т ь

Среднее содержание ртути в осадочных формациях северо-западного Донбасса составляет $n \cdot 10^{-5}\%$, т.е. на порядок превышает кларк и среднее содержание в главных типах осадочных пород /табл. 4/. Основное содержание для пород района составляет $/2-5/ \cdot 10^{-5}\%$, приближаясь к фоновому содержанию ртути в песчано-сланцевой толще Никитовского рудного поля. Повышенные содержания /до $100 \cdot 10^{-5}\%$ / выявлены в узлах пересечения разнонаправленных разломов в периклинальных участках ряда купольных структур - Бавтышевской и др. Дисперсия содержаний ртути обычно довольно высокая $/>0,30/$ и в общем повышается от более древних формаций к более молодым.

Корреляция содержаний ртути и прочих металлов в осадочной толще, как правило, отсутствует. Наблюдаемые иногда корреляционные связи ртути с элементами халькофильной группы /Cu, Pb/, а также Ni и Sn обычно носят случайный характер.

В породах с аномальным содержанием ртути находится в тесной ассоциации с эпигенетическими минералами - глинистыми /преимущественно каолинитом и диокситом/, битумами /в основном цветными разновидностями/, сульфидами железа /пиритом, марказитом/ и карбонатами /кальцитом, доломитом/. Минералогически ртуть обычно представлена киноварью, образующей тонкоагрегатные выделения по серии микротрещин в глинах /содержание ртути до $1-2\%$ /, эмульсионные выделения либо зернистые скопления возле сульфидов железа в битумах /сотые и десятые доли процента/, друзы либо обособленные кристаллики на гравях кристаллических индивидов кальцита в цементе кальцитизированных песчаников. Случаи выявления ртути в вязких и жидких битумах свидетельствуют о возможном нахождении в них ртути в самородной форме.

Известные в районе концентрации ртути приурочены к отложениям различного возраста. Наиболее часты незначительные по масштабу проявления ртутной минерализации, приуроченные к надсолевой брекчии и песчаникам, реже известнякам терригенно-угленосной формации карбона. Содержание ртути в этих проявлениях обычно составляет тысячные-сотые, редко десятые доли процента. Ртутное /сульфидное/ оруденение сопровождается повышенными содержаниями свинца, цинка, меди, молибдена, иногда кобальта, кадмия и др.

На ряде структур ртутная минерализация встречается в отложениях пестроцветной формации. Наиболее значительным и интерес-

Р Т У Т Ь

Формации	Литологические разности	Кол. проб:	$\bar{x} \cdot 10^{-5}$ %	$\bar{x} \lg$ $\cdot 10^{-5} \%$	S_{\lg}	Закон распре- делен.	
Пестроцветная формация $P_2 - T$	Песчаники T_3^{pt}	16	5,56	4,39	0,31	$\lg N$	
	песчаники T_{I-2}^{sr}	27	3,0	1,4	0,59	"	
	песчаники P_2^{dr}	35	4,26	2,71	0,37	"	
	алевролиты	33	2,66	1,0	0,66	"	
	глины	46	2,5	1,3	0,53	"	
Галогенно- карбонатная подформация $P_I^{nk+sl+km}$	песчаники	4	7,7				
	алевролиты	7	1,75	4,1	0,29	$\lg N$	
	глины	4	2,7				
	известняки	10	17,9	16,0	0,58	$\lg N$	
	доломиты	7	7,3	3,4	0,45	"	
	гипсы	4	0,2				
	ангидриты	6	0,7				
соль	4	3,1					
Красноцветная подформация $P_I^{kr} + C_3^3$	песчаники	12	9,8	3,77	0,52	$\lg N$	
	алевролиты	10	3,13	2,0	0,38	"	
	глины	6	3,66	2,8	0,56	"	
Терригенно- угленосная формация	C_3	песчаники	61	6,1	2,9	0,48	$\lg N$
		алевролиты	39	3,7	2,8	0,34	"
		глины, аргиллиты	37	3,96	2,27	0,37	"
		известняки	7	5,04	3,04	0,39	"
?	C_2	песчаники	20	5,15	4,18	0,31	$\lg N$
		глины, глинистые					
		сланцы	21	5,05	4,08	0,31	"
		известняки	7	3,3	3,3	0,20	"

ным является Славянское рудопроявление ртути, расположенное в северо-западной периклинальной части Славянского купола и представляющее собой новый для ртутных месторождений Донбасса структурный тип, связанный с соляной тектоникой /И.Л.Сафронов и И.Д.Энтелис, 1966; С.И.Кирикилица и В.А.Ласьков, 1970; Н.А.Озерова, 1972 и др./. Оруденение наблюдается в породах битуминозной надсолевой брекчии, верхнего карбона и перми. Известны также находки киновари в отложениях нижнего триаса /И.И.Сахацкий, 1960; Н.А.Озерова, 1972/. Ртутное оруденение минералогически представлено киноварью, сопровождаемой сульфидами железа, свинца, цинка, меди, а также карбонатами, кварцем, баритом, флюоритом и др. Руды рассеянно-вкрапленные и прожилково-вкрапленные; образуют линзы размером в несколько десятков метров и мощностью 1-7 метров. Содержание ртути в рудах от сотых-десятых долей % до 2,05%. Изотопный анализ серы, проведенный Н.А.Озеровой, 1972, позволил сделать вывод об участии в формировании месторождения пластовых вод нефтяного типа и об образовании серы сульфидных руд за счет восстановления осадочных сульфатов гипсоносной толщи при участии органических веществ нефтяного ряда.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования позволили установить геохимическую и металлогеническую специализацию верхнепалеозойских осадочных формаций Донбасса. Для каждой формации характерен свой устойчивый комплекс рудогенных элементов: свинец и цинк - для терригенно-угленосной формации, медь и свинец - для красноцветной субформации, молибден и хром - для пестроцветной формации. При этом средние содержания ряда микроэлементов настолько устойчивы для отдельных свит, что данные спектрального изучения пород могут служить целям стратиграфической корреляции немых толщ. Различия в содержании микроэлементов в свитах согласуются с различиями их петрографического состава. Очевидно, геохимическая специализация формаций обусловлена изменениями условий накопления в осадках рассеянных металлов, связанными с изменениями палеогеографических условий, в первую очередь, областей питания.

Фоновые содержания большинства металлов, рассеянных в осадочных толщах, не превышают величину кларка. Исключение представляет ртуть, фоновое содержание которой на порядок превышает кларк. Некоторые металлы /свинец, цинк и хром/ по содержанию

превышают величину кларка в отдельных свитах или типах пород.

Металлы, рассеянные в породах, концентрируются в глинах и глинистой фракции песчаников, в гидроокислах железа, пропитывающих красноцветные породы, в различных группах минералов тяжелой фракции /элементы группы железа - в магнетите, титаномагнетите, ильмените, лейкоксене; халькофильные элементы - в сульфидах/, а также в твердых битумах. В редких случаях они образуют самостоятельные минералы /преимущественно сульфиды/. Как показал баланс вещества, основная масса металлов содержится в глинистой фракции, т.е. находится в подвижной форме и может легко извлекаться пластовыми водами.

Установленные корреляционные связи металлов, рассеянных в осадочных породах, согласуются с содержанием и формами нахождения этих металлов в мономинеральных фракциях пород. Обычно наблюдается положительная линейная корреляция содержаний элементов группы железа, с коэффициентами корреляции до $+0,70-0,84$ /. Реже коррелируются элементы халькофильной группы.

В ряде формаций и отдельных свит нарушается упорядоченное распределение таких металлов, как ртуть, медь, свинец, цинк, по литологическому профилю пород. Такое явление обычно сочетается с наличием в этих отложениях концентраций указанных металлов и высокой дисперсией содержаний.

В результате составления карт распределения изучаемых металлов на площади развития отложений пестроцветной формации и красноцветной подформации установлена тесная связь между содержанием в породах металлов и структурными особенностями региона. Концентрация металлов в осадочной толще происходит на площадях, примыкающих к региональным тектоническим нарушениям - долгоживущим конседиментационным разломам глубокого заложения, в связи с чем контуры зон с повышенным содержанием металлов в породах согласуются с тектонически ослабленными зонами. Разломы способствуют созданию восстановительных геохимических барьеров в осадочной толще, являясь, с одной стороны, местами разгрузки кислородных пластовых вод, несущих металлы, а с другой - каналами для поступления глубинных восстановителей.

Максимальные /вплоть до рудных/ концентрации металлов наблюдаются в узлах пересечения разнонаправленных разломов, обычно в периклинальных участках брахискладок и куполов, где проявления многофазной разрывной тектоники способствуют циркуляции

растворов и газовых эманаций в породах. Рудные концентрации сопровождаются эпигенетическими изменениями пород.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Анатольева А.И. Домезозойские красцветные формации. Изд-во "Наука" Сиб. отдел., Новосибирск, 1972.
- Айзенберг Д.Е., Лагутин П.К., Лапчик Ф.Е., Ласков В.А., Левенштейн М.Л., Скаржинский В.И., Суцук Е.Г. Доно-Днепровская металлогеническая провинция. - В кн. "Проблемы металлогении Украины", "Наукова думка", К., 1964.
- Бабинец А.Е. Минерализованные воды юго-западной части Русской платформы в связи с дальнейшими перспективами ее нефтеносности. - В сб. "Геол. строение и нефтегазовосность восточных областей Украины. Изд-во АН УССР, К., 1960.
- Балуховский Н.Ф. Пермские отложения северо-западных окраин Донбасса. Геологическое строение и нефтегазовосность. Изд-во АН УССР, К., 1954.
- Бубнов А.П. Литологическое изучение соленосной толщи Бахмутской котловины. Автореферат дис. на соиск. уч. степ. канд. г.-м. наук, Харьков, 1955.
- Бутурлинов Н.В., Корчемагин В.А. Ртуть в магматических породах Донецкого бассейна. - Геохимия, 1968, №5.
- Бутурлинов Н.В., Скаржинский В.И. О комплексах магматических пород и магматических формациях Донецкого бассейна. - Докл. АН СССР, 1970, 193, №2.
- Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. - Геохимия, 1962, №7.
- Вопросы металлогении ртути. Изд-во "Наука", М., 1968.
- Геологические формации. Материалы к совещанию. Ленинград, 1968.
- Грабянский В.В., Эдельман А.М. Медистые песчаники Донбасса. - В сб. "Рудоносность Русской платформы", изд-во "Наука", 1965.
- Дворников А.Г. Типы ореолов рассеяния ртути в юго-западной части Донбасса. - Докл. АН СССР, 1964, 154, №5.
- Карасик М.А., Гончаров Ю.И. Ртуть в нижнепермских отложениях Донецкого бассейна. - Докл. АН СССР, 1963, 150, №4.
- Карасик М.А., Гончаров Ю.И., Василевская А.Е. Ртуть в минерализованных водах и рассолах пермской галогенной толщи Дон-

басса. - Геохимия, 1965, №1.

Кирикилица С.И., Ласьков В.А. Новый структурный тип ртутных месторождений в УССР. Киев, 1970.

Конашов В.Г. История развития Бахмутской котловины в поздней перми и мезозое. - Автореферат дисс. на соиск. учен. степ. канд. геол.-мин. наук, Ростов, 1967.

Корневский С.М., Бобров В.П., Супронюк К.С., Хрущов Д.П. Галогенные формации северо-западного Донбасса и Днепровско-Донецкой впадины и их калиеносность. - Изд-во "Недра", М., 1968.

Лапчик Ф.Е. Пермские и триасовые отложения Днепровско-Донецкой впадины и северо-западных окраин Донбасса. - Изд-во АН УССР, Киев, 1958.

Нестеренко Л.П. О составе и строении свиты медистых песчаников Донецкого бассейна. - Докл. АН СССР, 1955, 100, №5.

Озерова Н.А., Айдиньян Н.Х. Распределение ртути в осадочных породах. Литология и полезные ископаемые, 1966, №3.

Озерова Н.А., Айдиньян Н.Х. Ртуть в осадочном процессе. - Р сб. "Очерки геохимии эндогенных и гипергенных процессов". Изд-во "Наука", 1966.

Ронов А.Б., Хаин В.Е. Пермские литологические формации мира. - Сов. геол., 1954, №54.

Скаржинский В.И. Об эндогенных рудных формациях Донецкого бассейна. Докл. АН СССР, 1969, 186, №1.

Стратиграфія УРСР, том. VI, ч.1. Перм. Відп. ред. Лапчик Т.Ю. - Вид-во "Наукова думка", К., 1970.

Стратиграфія УРСР. Том. VI, ч.2. Триас. Відп. ред. Лапчик Т.Ю. - Вид-во "Наукова думка", К., 1972.

Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. Том III. - Изд-во АН СССР, М., 1962.

Сущук Е.Г. Распределение ртути в осадочных формациях северо-западного Донбасса. - Геол. ж., 1972, 32, в.2.

Терешенко В.А. Гидрогеологические условия северо-западной и средней частей Днепровско-Донецкой впадины в связи с выявлением закономерностей размещения нефтяных и газовых месторождений. Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. г.-м. наук. Л., 1967

Холодов В.Н. Ванадий /геохимия, минералогия, генетические типы месторождений в осадочных породах/. - Изд-во "Наука", М., 1968.

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
Введение	3
Краткие сведения о геологическом строении	4
северо-западного Донбасса	4
Методика геохимических исследований	6
Литологическая и геохимическая характеристика верхнепа- леозойских осадочных формаций северо-западного Донбасса	8.
Терригенно-угленосная формация карбона	9
Галогенно-красноцветная формация ранней перми	10
Красноцветная подформация	10
Галогенно-карбонатная подформация	16
Пестроцветная формация поздней пермитриаса	18
Особенности распределения некоторых металлов в красно- цветной подформации и пестроцветной формации	22
1. Ванадий	23
2. Хром	26
3. Кобальт	34
4. Никель	35
5. Молибден	36
6. Медь	37
7. Цинк	39
8. Свинец	40
9. Ртуть	48
Выводы	45
Литература	47

Цена 20 коп.

1651