

## КАРБОН

### АРАУКАРИТОВАЯ ТОЛЩА

#### Литология

Разрезы араукаритовой толщи, как и более молодых толщ верхней части донецкого палеозоя, лучше изучены в пределах Бахмутской котловины, чем в других местах региона.

Достаточно бросить беглый взгляд на геологическую карту Бахмутской котловины, чтобы усмотреть закономерное расположение отдельных полос осадочных толщ верхов палеозоя; при этом наиболее молодые осадки занимают центральную ее часть. Это смещение отдельных толщ верхов палеозоя обусловлено постумными поднятиями основной фазы герцинского орогенеза Донецкого кряжа, сказавшимися на протяжении всего пермского времени.

Отложения араукаритовой толщи в Бахмутской котловине занимают ее периферическую часть, охватывая неширокой лентой мысообразные выступы более древних каменноугольных пород. Араукаритовая толща, налегающая на непродуктивный карбон, резко от него отличается по литологическому характеру. В состав толщи входят песчаники, конгломераты, глины и аргиллиты; встречаются тонкие прослои сажистого угля и небольшой мощности пласты известняков, имеющие совершенно подчиненное значение.

Песчано-конгломератовые породы занимают господствующее место. Следуя за С. И. Евсеевой (24), можно выделить такие их разновидности:

1. Конгломератовидные песчаники и конгломераты желтоватосерые, содержащие крупный гравий и мелкую гальку.
2. Крупно- и среднезернистые песчаники, типа аркозовых, с подчиненными прослойками мелкозернистых; цемент кремнистый. Окраска песчаников различная; преобладают светлосерые, серые, светложелтые и зеленоватые тона. В песчаниках часто наблюдается хорошо выраженная диагональная слоистость. В них встречаются лигнитизированные куски древесины и окаменелые стволы.

3. Тонкозернистые, зеленоватосерые песчаники с подчиненными прослоями алевролитов.

Конгломераты и конгломератовидные песчаники достигают 3–5 м мощности, постепенно переходя в крупно- и среднезернистые, \*слон которых достигают значительной мощности, до 50 – 90 м; наименьшей мощностью обладают тонкозернистые песчаники, до 1–2 м (22).

Обращает на себя внимание то, что в аркозовых песчаниках, залегающих в верхних горизонтах араукаритовой свиты, наблюдаются следы оруденения медью.

Будучи ограничены объемом настоящей работы, мы приводим здесь только описание некоторых образцов аркозовых песчаников из верхнего отдела араукаритовой толщи.

### Аркозовые песчаники

В аркозовом песчанике с северного крыла Картамышской мульды цемент базальный; зерна кварца неправильной формы, иногда корродированы, содержат включения ругила; их средний диаметр 0,30 – 0,40 мм; встречаются отдельные зерна диаметром до 0,84 мм. Значительное содержание ортоклаз-микропертита и олигоклаза; листочки мусковита и слабо хлоритизированного биотита с характерным плеохроизмом. Лимонит образует небольшие зерна и местами пропитывает глинистое вещество; в цементе наблюдаются следы медной зелени.

В верхах араукаритовой толщи залегает аркозовый песчаник, содержащий отпечатки растений. Подстиляется он зеленоватосерым сланцем и небольшим прослоем красной глины.

Песчаник с южного крыла Картамышской мульды буроватосерого цвета, мелкозернистый. Цемент в этом песчанике базальный; прозрачные зерна кварца угловаты, неправильной формы; их средний диаметр 0,15 – 0,23 мм. Встречаются листочки мусковита и почти обесцвеченного биотита с низкой интерференционной окраской.

Серые зерна ортоклаза и олигоклаза с двойниковым строением и углом погасания  $8-10^\circ$  в симметричной зоне; в цементе попадают прозрачные яркокрасные зерна гематита. Цемент состоит из зерен вторичного кварца и халцедона и гидроокиси железа при небольшом содержании в нем кальцита.

В породе наблюдается большое содержание лимонита; в некоторых полях он является единственным цементирующим веществом для зерен кварца; окраска лимонита — от красноватобурой до темнокоричневой; в отложениях лимо-



нита наблюдаются зернистые и ветвистые остатки не вполне окисленного пирита; они черного цвета и потеряли металлический блеск, но в них можно заметить блестящие зернышки неизмененного пирита.

Характерные признаки аркозовых песчаников — слабая выветрелость полевых шпатов, значительное содержание гидроокислов железа и пирита, присутствие в цементе кальцита и иногда медной зелени.

### Глинистые породы

Аргиллиты, глинистые сланцы и глины араукаритовой толщи отличаются от таких же пород нижележащих свит непродуктивного карбона меньшей степенью метаморфизации. Цвет глинистых отложений весьма разнообразен; преобладает окраска темносерая, светложелтая, зеленоватая и малиновая. В верхних горизонтах толщи эти породы окрашены преимущественно в краснобурые тона.

Приводим в сокращенном виде описание песчанистой глины из верхней части араукаритовой толщи с южного крыла Картамышской мульды, объясняющее наличие красной окраски.

Порода окрашена в темнокрасный цвет, под микроскопом полупрозрачна. В состав глинистого вещества входят чешуйки глинистых минералов\* и тонкие листочки мусковита. В сравнительно небольшом количестве встречаются прозрачные зерна кварца. В отложениях лимонита наблюдаются редкие небольшие зерна пирита. Глинистое вещество пропитано большим количеством гидратов железа, окрашивающих породу в густой коричневокрасный цвет.

### Известняки

Известняки араукаритовой толщи можно разделить на две петрографические разности: по С. И. Евсеевой (24) — зернистые и илистые (правильнее их именовать — известняки чистые и известняки глинистые).

Чистые известняки преобладают в нижних горизонтах; они серые или темносерые, средние и мелкозернистые; почти не содержат терригенового материала; редко встречаются зерна кварца. К ним, как правило, приурочена фауна и известковые водоросли.

Глинистые известняки развиты преимущественно в верхних горизонтах, содержат большое количество гидроокислов железа, благодаря чему их выходы на поверхность окрашены

\* Состав глинистых минералов мы в этой работе не рассматриваем.



в краснобурый цвет. Вообще характерной чертой известняков араукаритовой толщи является значительное содержание в них железа в виде бурого железняка, отчасти пирита. Последний минерал встречается в тех местах чистых разностей известняков, где имеются остатки фораминифер, или же в пористых глинистых известняках. В первом случае осаждение пирита происходило в связи с биохимическими процессами при разложении органического вещества, во втором — восстановление окиси железа и осаждение его сульфидов происходило благодаря присутствию сероводорода, проникавшего в пористый известняк из других пород, богатых органическими веществами.

Пласты известняков обычно имеют небольшую и непостоянную мощность, которая колеблется в пределах 0,25 — 1,00 м, в редких случаях достигая 3 м. Чистые мелкокристаллические разности известняков, преобладающие в разрезах араукаритовой толщи, являются и наиболее мощными (23, 24).

Наибольшее количество пластов известняка установлено в юго-восточной части Бахмутской котловины, где насчитывают восемь пластов. Каждый из них имеет свой индекс, начиная с  $P_1$  до  $P_8$  (снизу вверх). Обычно основание известняка  $P_1$  условно принимают за нижнюю границу араукаритовой толщи.

Приводим минералогическое описание некоторых из наиболее типичных известняков рассматриваемой толщи северного крыла Картамышской мульды.

*Известняк  $P_1$ .* Порода представляет собой мергелистый известняк; окраска светлая, со слабым желтоватым или розоватым оттенком.

Известняк тонкокристаллического строения, состоит из мельчайших частиц кальцита; наблюдаются отдельные ромбоэдри кальцита с ясной спайностью; в незначительном количестве сохранились перекристаллизованные скорлупки фораминифер.

Порода пропитана очень тонким глинистым веществом, окрашенным гидроокисью железа. Местами наблюдаются непрозрачные зерна гидрата железа; железо — черного цвета. Небольшое содержание углистого органического вещества.

*Известняк  $P_2$ .* Мелкозернистый, окраска желтоватосерая. Главная масса известняка состоит из мелких частиц кальцита; наблюдаются небольшие поля, подвергшиеся перекристаллизации. Участки перекристаллизованного кальцита прозрачны, бесцветны и не содержат глинистого вещества и гидратов железа. Наблюдается значительное содержание



лимонита, который представлен небольшими зернами, равномерно рассеянными в породе. Сравнительно редко встречаются более крупные выделения гидратов железа буровато-красного цвета.

Небольшое содержание глинистого и углистого веществ. В малом количестве встречаются обломки скорлупок фораминифер; иногда — хорошо сохранившиеся, спирально завитые формы фораминифер.

*Известняк  $P_3$ .* Порода мелкозернистая, серого цвета, с желтобурным оттенком. Известняк в значительной степени перекристаллизован и содержит большое количество обломков и цельных скорлупок фораминифер. Известковые стенки скорлупок фораминифер превращены в тонкий агрегат мельчайших частиц кальцита, иногда при полном сохранении их пористой структуры. Порода содержит гидраты железа, которые вместе с углистым веществом сосредоточены в местах накопления скорлупок фораминифер; в массе лимонита, буроватокрасного цвета, замечаются небольшие зернышки и прожилки, принадлежащие пириту в различных стадиях окисления.

Кварц присутствует в виде отдельных, небольших, прозрачных зернышек.

*Известняк  $P_6$ .* Мелкозернистый, с неровной окраской — от темносерой до желтоватобурой. Известняк перекристаллизован, сильно пропитан гидратами железа, сообщающими ему буроватокоричневую окраску; остатки скелетных частей организмов не наблюдаются. В известняке имеются небольшие пустоты и поры, заполненные отложениями кальцита; часто встречаются прожилки, пересекающиеся между собой, состоящие из прозрачных, сравнительно крупных, зерен кальцита; в некоторых прожилках содержится лимонит, цементирующий зерна кальцита. Местами гидраты железа совершенно вытесняют кальцит, образуя полупрозрачные прожилки густого буроватокрасного цвета, состоящие из лимонита и гидрогематита. В скоплениях бурого железняка замечаются небольшие зернышки пирита с сильным металлическим блеском.

Как установлено С. И. Евсеевой, араукаритовая толща распадается на отдельные серии, разделенные между собой нерерывами. В нижнем горизонте каждой серии осадков, принадлежащих одному циклу, наблюдаются крупнозернистые песчаники, местами переходящие в конгломераты; выше крупнозернистые породы сменяются песчано-глинистыми отложениями, аргиллитами и глинами. В этих породах



встречаются прослойки и линзы сажистых углей. Вверху серии обычно залегают известняки (24).

Следовательно, в чередовании пород араукаритовой толщи наблюдается определенная цикличность седиментации, характерная и для нижележащих свит донецкого карбона. Но принципиальное отличие состоит в том, что на протяжении всего карбона, за исключением верхней его части, цикличность седиментации в Донецком бассейне связана с общей тенденцией к опусканию геосинклинального прогиба (70), а в эпоху накопления араукаритовой толщи она вызвана, наоборот, его общей тенденцией к поднятию.

В Картамышской мульде, как это следует из отчета С. И. Евсеевой и А. Д. Ракитина, араукаритовая толща литологически распадается на два отдела.

Нижеследующая таблица 2 представляет выраженные в процентах соотношения мощностей различных пород в каждом из этих отделов.

Таблица 2

П о р о д а	Нижний отдел	Верхний отдел	Среднее
Песчаники . . . . .	68	71	69,5
Глинистые сланцы . . . . .	23	6	14,5
Глины . . . . .	7	23	15,0
Известняки . . . . .	2	—	1

Как видим, в нижнем отделе среди глинистых пород преобладают глинистые сланцы, а в верхнем — глины; известняки развиты только в нижнем отделе. Кроме того, для нижнего отдела характерна большая мощность толщ песчаников, от 30 до 70 м, которые разделяются сравнительно мощными пластами глинистых сланцев; в верхнем отделе наблюдается частое чередование прослоев песчаников и глин мощностью от 5 до 10 м (23).

Во многих местах верхи араукаритовой толщи представлены пестроцветами, которые неправильно были отнесены к донецкому триасу. Установлено, что появление пестроцветов в окраинных областях развития араукаритовой толщи происходит значительно раньше, чем в центральных. Отмеченное явление сопровождается выклиниванием известняков.

Это особенно четко проявляется в юго-западной части Кальмиус-Торецкой котловины, где араукаритовая толща представлена чередующимися светложелтыми рыхлыми



песчаниками, с обилием гравия и гнездами белого каолина, серых, пестро- и красноцветных глин (24).\*

Лишь совсем недавно удалось палеонтологическим путем установить, что пестрые и красноцветные породы араукаритовой толщи Краснооскольско-Лисичанской антиклинали неправильно описаны как триасовые (38, 40).

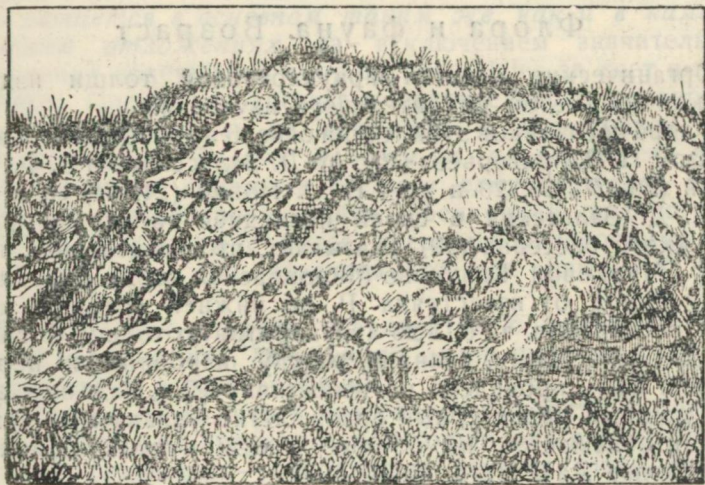


Рис. 3. Село Серебрянка, северо-восточный край. Круто поставленные, перемежающиеся пестроцветные глины и песчаники араукаритовой толщи. (Рисунок по фотографии).

К каким недоразумениям может привести недоучет фациальных изменений араукаритовой толщи, можно судить по тому, что отложения араукаритовой толщи с. Серебрянки (рис. 3), отмеченные здесь еще Н. Н. Яковлевым (57а), были

\* А. А. Гапеев в своем „Геологическом очерке западной окраины Донецкого бассейна“ (14) пишет, что по берегам р. Казенный Торек, в окрестностях Авраамовки и Федоровки „красные и зеленые сланцы то накрывают, то подстилают толщу араукаритовых песчаников. Самые песчаники с каолиновым цементом и легко выветриваются; они грубозернистые, иногда с прослоем мелкой гальки, с глинистыми включениями“ (стр. 27).

Примечательным является следующее указание автора: „Известняков в толще  $РС_1$  на площади описываемого района не встречено; имеются кое-где лишь выходы известковистых песчаников. Выклинивание известняков этой толщи или замена их известковистыми песчаниками подмечены и В. И. Соколовым в юго-западной части планшета VI-21 и в планшете VI-20 детальной карты Донецкого бассейна“ (стр. 28).



выделены Л. Ф. Лунгерсгаузенем в виде самостоятельной свиты триаса под наименованием Серебрянской (51, 52, 53).\*

Мощность араукаритовой толщи обычно принимают в 700—1000 м, но, в связи с изменчивостью ее фациального состава, она, надо полагать, имеет более резкие колебания.

### Флора и фауна. Возраст

Органические остатки араукаритовой толщи издавна служат предметом внимательного изучения.

Флора песчаников этой толщи освещена работами главным образом Н. В. Григорьева (15), М. Д. Залесского и Е. Ф. Чирковой (26, 27, 28, 29 и др.), Е. О. Новик (24, 64, 65 и др.).

М. Д. Залесский в своей последней сводке по флоре Донецкого бассейна (29) указывает, что выделенная им и Е. Ф. Чирковой Калиново-Мироновская серия охватывает свиту пород от известняка  $P_1$  до нижней границы медистых песчаников, т. е. всю араукаритовую толщу. Согласно М. Д. Залесскому, граница между карбоном и пермью должна быть проведена по известняку  $P_1$ . „Над ним залегает мощный характерный аркоз, легко узнаваемый всюду, где он обнажается, по обилию в нем кусков *Dadoxylon amadokense* Zal.“ (стр. 207).

Рассматриваемая толща и получила свое название по многочисленным остаткам окаменелых стволов *Dadoxylon amadokense* Zal., ранее известных под наименованием араукарий. Но, как отмечает автор, эта форма появляется еще в начале верхнего карбона (свита  $C_3^1$ ).

Толща пород Калиново-Мироновской серии, по М. Д. Залесскому, содержит нижнепермскую флору: *Walchia pini-formis* (Schloth.) Sternb., *Odontopteris subcrenulata* Rost., *Nevropteris densinervosa* Zal. и др.

Е. О. Новик (64, 65) отмечает, что в составе флоры араукаритовой толщи преобладающее место принадлежит типичным каменноугольным формам: *Odontopteris alpina* (Sternb.) Gein., *Calamites cruciatus* Sternb., *Calamites schützeiformis* Kid. u. Jongm., *Annularia pseudostellata* Rot., *Stigmaria ficoides* Sternb. и др. В верхах ее, на границе с медистой толщей появляются виды, известные только в перми (*Sphenopteris grabau* Hall., *Calamites gigas* Brongn.).

\* Этим самым не исключается и возможность нахождения здесь нестрогцев более молодого возраста.



А. А. Любер, изучившая комплекс спор из углистых прослоек араукаритовой толщи, приходит к заключению, что в нем „наибольшим распространением пользуется *Azonomolletes vulgaris*, который в большом количестве отмечен в среднекаменноугольных отложениях. Споры группы *Monolletes* составляют около 34,5%, споры *Triletes* дают 46,10%, *Aletes* — 19,40%. Соотношение основных групп спор остается в основном таким же, как и в каменноугольных отложениях, за исключением значительного увеличения содержания спор группы *Aletes* за счет пыльцы хвойных. Последняя достигает значительного распространения в мезозое и не встречена в отложениях нижнего палеозоя. Только в этом и проявляется пермский характер спорового состава араукаритовой сеиты Донбасса, характеризующейся обеднением видового состава по сравнению с более древними угленосными свитами“ (54, стр. 155. Подчеркнуто все нами — К. С.-З. и И. Л.).

Е. О. Новик относит араукаритовую толщу к самым верхам карбона что, как увидим далее, находит свое подтверждение и в составе фауны.

Несмотря на то, что в литературе приводятся большие списки фауны из араукаритовой толщи, она в некоторых — пожалуй, решающих — отношениях изучена слабо. Многие определения видов и даже родов явно устарели; еще нет сравнительного обзора фауны по фациям; микрофауна, играющая столь большую роль в расчленении верхнепалеозойских свит, подобных араукаритовой, исследована совершенно недостаточно.

Фораминиферы из известняков араукаритовой толщи изучались главным образом Н. Е. Бражниковой (11, 12, 24). Полученные результаты представляют значительный интерес, но несколько противоречивы.

Характерными для араукаритовой толщи автор считает следующие формы, встреченные в нижних известняках (от  $P_1$  до  $P_4$ ): *Quasifusulina longissima* (Möll), *Triticites rosicus* (Schellw.), *Staffella* ex. gr. *angulata* (Colani) и др., что, наряду с отсутствием высших фузулинид,\* позволяет отнести рассматриваемую толщу к средней части верхнего карбона. Но, кроме этих форм, тем же автором отмечаются в араукаритовой толще и пермские *Nodosaria netschajewi* Tscherd., *Schubertella parakingi* Brazn., близкая к *Schubertella kingi* Dunb. et Skinn и др.

\* „Высшие фузулиниды“ — термин, употребляемый Н. Е. Бражниковой



Интересно, что Н. Е. Бражникова, затрагивая вопрос о возрасте нижних известняков из араукаритовой толщи, отмечает: „Про досить молодий вік цих відкладів свідчить наявність у вапняку *P<sub>2</sub>* численних шубертель, дуже подібних до *Schubertella kingi* Dunb. et Skinn. з низів пермі в Техасі (формація Wolfcamp і низи Нюесо)“ (11, стр. 275). Отсутствие высших фузулинид (напр., псевдофузулин) не может служить показателем возраста.

В другой работе (12) Н. Е. Бражникова сама констатирует, что отсутствие указанных форм только свидетельствует о не совсем обычных физико-географических условиях бассейна, что находит свое подтверждение в более однообразном виде комплекса фораминифер араукаритовой толщи Донецкого бассейна по сравнению с одновозрастным сообществом Самарской Луки, Западного Урала и других местностей. Кроме того, при установлении возраста араукаритовой толщи нельзя упускать из виду, что в ее известняках первое место занимают наиболее консервативные, с точки зрения эволюции, представители родов *Tetrataxis*, *Bradyina*, *Tuberetina*, которые в известняках нижележащих свит донецкого карбона имели подчиненное значение (24).

Макрофауна араукаритовой толщи весьма разнообразна и еще полностью сохраняет, по Б. К. Лихареву (49), верхнекаменноугольный облик.

Л. Ф. Лунгерсгаузен, опубликовавший обширный список форм из рассматриваемой толщи, отмечает ряд видов, типичных для верхнего карбона. Среди араукаритовой толщи им отмечаются — кораллы и мшанки: *Caninia kokscharowi* Stuck., *C. volgensis* Stuck., *Fenestella surculosa* Eichw. и др.;

брахиоподы: *Meekella eximia* Eichw., *M. striatocostata* Cox., *Chonetes uralica* Moell., *Ch. carbonifera* Keys., *Productus cora d'Orb.*, *Pr. inflatus* Mc. Chesn., *Pr. punctatus* Mart., *Pr. longispinus* Sow., *Rhynchopora variabilis* Stuck., *Spirifer fritschi* Schellw., *Sp. panderi* Stuck., *Sp. pavlowi* Stuck., *Squamularia asiatica* Chao и др.;

двустворчатые моллюски: *Nucula rectangularis* Girty, *Schizodus curtus* Meek. and Worthen, *Astartella permocarbonica* Tschern., *Allorisma subcuneatum* Meek. and Hayden (var.), *Aviculopecten elegantulus* Stuck. и др.;

гастроподы: *Bellerophon rossicus* Stuck., *Trachidomia oweni* Knight., *Soleniscus laevigatus* Krot., *Sol. brevis* White и многие другие (50).

Однако следует заметить, что почти все приводимые автором формы довольно широко развиты в свитах верхнего карбона, а некоторые даже в перми (*Productus inflatus*



Mc. Chesn., *Rhynchopora variabilis* Stuck., *Squamularia asiatica* Chao\* и др.), т. е. четкой стратиграфической индивидуальности не имеют.

Здесь уместно заметить, что макро-, как и микрофауна известна лишь из нижних известняков (от  $P_1$  до  $P_5$ ) араукаритовой толщи, а ее верхняя часть фаунистически не освещена. Появление настоящих пермских видов, что особенно важно, среди микрофауны уже в нижней части араукаритовой толщи, при продолжающемся господстве верхнекаменноугольных форм, служит подтверждением мнения Е. О. Новик, основанном на анализе флоры, о принадлежности этой толщи к самым верхам карбона.

Из-за скудности органических остатков в верхней части араукаритовой толщи ее граница с лежащей выше толщей медистых песчаников нижней перми является в известной мере условной, да и литологически она неясно выражена.

С. И. Евсеева считает возможным проводить эту границу в основании разреза, где краснобурая окраска пород становится преобладающей, наряду с появлением маломощных прослоев голубоватосерых песчаников (24).

Литологический состав и остатки органического мира (особенно фауны) с несомненностью свидетельствуют о накоплении араукаритовой толщи в эпоху геологической революции, когда процессы горообразования, создавшие основу Донецкого кряжа, далеко еще не были завершены.

Как мы уже видели, араукаритовая толща резко отличается от нижележащих свит карбона. Уже в низах ее преобладающее значение приобретают грубообломочные песчано-конгломератовые породы, многократно повторяющиеся в разрезе, появляясь в основании каждого цикла. Часто песчано-конгломератовые породы лежат с эрозионным перерывом на размытой поверхности нижележащих глинистых сланцев. В нижней части араукаритовой толщи насчитывается до восьми полных серий (циклов). Они начинаются конгломератовым и грубозернистым песчаником, сменяющимся чередующимися песчано-глинистыми осадками, и заканчиваются известняками; неполных серий насчитывается шесть, а всего — четырнадцать (24).

Цикличность обусловлена ритмическими колебаниями дна заливов, приуроченных к компенсационным прогибам, куда сносились продукты разрушения скачкообразно возды-

\* Названные формы встречены также в исключительно бедной фауной соленосной толще Донбасса, относимой к перми и Л. Ф. Лунгерсгаузеном (50).

мавшихся горных цепей в момент превращения (инверсии) главной части (ядра—по Д. Н. Соболеву) Донецкой геосинклинали в ороген. Дальнейший подъем этих цепей привел к довольно быстрой, но неполной изоляции и значительному осушению заливов.

Фауна, в особенности микрофауна, наглядно иллюстрирует этот процесс. Как указывает Н. Е. Бражникова, для среднего и нижних свит верхнего карбона характерна обильная и разнообразная фауна фораминифер, типичная для нормально морского бассейна. В араукаритовой толще выше известняка  $P_2$  происходит постепенное вымирание фораминифер. Первыми исчезают различные фузулиниды, являющиеся наиболее специализированными формами. Уже в известняке  $P_2$  их видовой состав весьма однообразен, несмотря на еще большое количество экземпляров. В известняке  $P_4$  вымирание зашло уже далеко. Наряду с бедностью форм наблюдается сокращение общего количества особей. Остаются наиболее консервативные формы из родов *Tetrataxis*, *Bradyina*, *Tuberetina*, доживающие в известняке  $P_5$ , выше которого в известняках  $P_6$ ,  $P_7$ ,  $P_8$  и они отсутствуют (11, 24).

Б. К. Лихарев отмечает, что брахноподы рассматриваемой толщи характеризуются некоторым своеобразием по отношению к близкой им фауне Евразии и Америки, а также сравнительной бедностью родов при богатстве видами (49).

Процессы угленакопления, столь характерные для среднего и нижней части верхнего карбона Донецкого бассейна, уже в визах этой толщи полностью прекращаются. В составе флоры, наряду со значительным сокращением каменноугольных форм, отмечается появление типично пермских видов.

Цикличность в осадконакоплении, так четко выступающая в нижней части рассматриваемой толщи, уже с трудом улавливается в ее верхней части, где наблюдается лишь частое чередование развитых здесь, преимущественно красноцветных, песчаников и глин, в которых изредка встречаются пропластки и линзы доломитизированных глинистых известняков.

Необходимо отметить, что в краевых частях заливов рассматриваемой эпохи этот процесс наступает тогда, когда в более глубоких местах еще существуют условия благоприятные для образования типично морских известняков. Более чем вероятно, что на северной окраине Донецкого кряжа красно- и пестроцветные фации араукаритовой толщи неправильно описаны как триасовые (39, 40).



## ПЕРМЬ

### ТОЛЩА МЕДИСТЫХ ПЕСЧАНИКОВ

#### Литология

Толща медистых песчаников литологически весьма однородна: она состоит из тонко- и мелкозернистых песчаников, алевролитов и подчиненных им глин. Переходы между этими породами настолько постепенны, что трудно провести границы отдельных типов. Основной, господствующей окраской осадков рассматриваемой толщи является темнокрасная или вишневокрасная. Красные цвета свойственны более тонкозернистым, преобладающим в толще медистых песчаников отложениям; часто встречаются пестроцветные породы, окраска которых представляет затейливое сочетание различных цветов.

Толща медистых песчаников обязана своим названием оруденению в виде более значительных концентраций меди, приуроченных к песчаникам, которые литологически и по своему внешнему виду отличаются от преобладающей массы красноцветных пород.

Оруденелые песчаники имеют серую окраску, несколько больший размер зерен и содержат углисто-растительные пропластки. Мель в них представлена ее сульфидами, главным образом халькозином. В зоне окисления в этих песчаниках распространены окисленные медные руды (малахит, азурит и хризоколла).

Чтобы литологически охарактеризовать толщу медистых песчаников, приводим описание составляющих ее пород, наиболее полно представленных в Картамышской мульдe, откуда и происходят исследованные образцы.

#### ПЕСЧАНИКИ

Обр. 1. Песчаник мелкозернистый, буроватожелтый.

Песчаник с базальным цементом; зерна кварца не окатаны, содержат много включений газов и жидкостей; их средний диаметр 0,12–0,15 мм.



Представителями полевых шпатов являются ортоклаз и плагиоклаз; большинство зерен ортоклаза превращено в агрегат серицита и каолинита; плагиоклазы, судя по углам погасания в симметричной зоне  $10-11^\circ$ , принадлежат олигоклазу состава  $Ab_{77}An_{23}$ .

Наблюдаются изогнутые листочки мусковита и выветрившегося биотита; попадаются небольшие зерна розового альмандина с резким рельефом.

Цементирующее глинистое вещество состоит из серицита, каолинита, отчасти вторичного кварца, часто окрашено в краснобурый цвет гидратами железа; наблюдается также зеленоватая и голубоватая окраска медной зелени и сини; отложения кальцита — в небольшом количестве.

Первичной сульфидной рудой является халькозин; он образует отдельные крупные зерна и прожилки, отложившись по трещинам слоистости; с поверхности часто окислен и принимает голубовато-зеленоватую окраску; в качестве включений в зернах халькозина и на периферии их встречаются мелкие зернышки халькопирита.

Почти весь пирит выветрился с образованием лимонита; небольшие зернышки пирита еще сохранились в крупных зернах лимонита; в качестве продуктов разрушения пирита наблюдаются яркокрасные зернышки гематита или турьита.

Окисленные медные руды представлены малахитом и азуритом; малахит образует агрегаты тонкозернистого или игольчатого строения с агрегационной интерференционной окраской; в меньшем количестве встречаются агрегаты азурита. Малахит и азурит входят в состав цемента.

Обр. 2. Песчаник серый, тонкозернистый, с выцветами медной зелени на плоскостях напластования.

Песчаник тонкозернистый, состоит из неокатанных зерен кварца; их средний диаметр  $0,075$  мм; зерна прозрачны, содержат включения газов и жидкостей: погасание волнистое.

В значительном количестве встречаются листочки мусковита; многие из них деформированы, изогнуты и зажаты между зернами кварца.

Полевые шпаты представлены олигоклазом и ортоклазом; в зернах олигоклаза наблюдается полисинтетическое двойниковое строение; угол симметричного погасания — около  $7^\circ$ ; зерна ортоклаза серые, каолинизированные.

Песчаник во многих участках окрашен в бурый цвет гидратами железа; встречаются небольшие яркокрасные зернышки гематита или турьита. Глинистый цемент состоит из каолинита и серицита. Медная зелень образует непра-



вильные пятна зеленого цвета. Медные руды представлены халькозином, отчасти халькопиритом.

Халькозин имеет вид крупных вытянутых зерен, представляя отложения по трещинам слоистости; зерна халькозина—черные в отраженном свете, со слабым синеватым оттенком.

Небольшие зерна халькозина и халькопирита рассеяны среди кварцевых зерен.

Обр. 3. Песчаник мелкозернистый, серый, плотный, с выцветами медной зелени и сини.

Песчаник состоит из неокатанных зерен кварца; диаметр отдельных зерен достигает 0,25 мм; средний диаметр 0,10—0,15 мм; зерна кварца прозрачны; в качестве включений в них встречаются иголки рутила; погасание волнистое.

Сравнительно большое содержание полевых шпатов—олигоклаза и ортоклаза; в плагиоклазах сохранилось тонкое двойниковое строение; зерна полевых шпатов в большей или меньшей степени каолинизированы.

Между зернами кварца попадают изогнутые листочки мусковита и измененного биотита, окрашенного в буровато-черный цвет выделившимися рудными минералами. Песчаник местами окрашен в краснобурый цвет гидратами железа; медная зелень—в виде небольших пятен буроватозеленого цвета.

Цемент песчаника образован вторичным кварцем, серицитом и каолинитом; между кварцевыми зернами наблюдаются выделения кальцита неправильной формы, с агрегационной яркой поляризационной окраской.

Медные рудные минералы рассеяны в виде небольших зерен; они состоят из халькозина, отчасти халькопирита; на периферии они выветрились и окаймлены отложениями гидратов железа.

Обр. 4. Песчаник мелкозернистый, плитчатый, с выцветами медной зелени и сини.

Песчаник состоит из зерен кварца, содержащих сравнительно значительное количество цемента; зерна угловаты, средний их диаметр 0,12—0,16 мм; следы окатанности замечаются в более крупных зернах, их диаметр достигает 0,6 мм. Зерна полевых шпатов изменены; часто они представляют тонкий агрегат серицита и каолинита с едва заметной спайностью. Наблюдаются листочки мусковита.



В состав цемента входят вторичный кварц, серицит и каолинит; цементирующим веществом являются также кальцит и медная зелень с гидратами железа. Кальцит играет заметную роль в составе цемента, заполняя промежутки между кварцевыми зернами.

Халькозин и халькопирит встречаются в виде зерен, сопровождаемых продуктами их выветривания — медной зеленью и гидратами железа. Зерна халькозина, более крупные, встречаются в тесном проращении с борнитом.

Обр. 5. Песчано-глинистая порода серого цвета.

Порода состоит из угловатых кварцевых зерен; на более крупных из них заметны следы окатанности; некоторые зерна кварца разбиты трещинами; погасание волнистое; наблюдаются совершенно прозрачные зерна кварца; другие содержат большое количество включений газов и жидкостей; чешуйки гематита; средний размер зерен 0,10—0,15 мм.

Встречаются листочки мусковита. Значительное содержание полевых шпатов; некоторые из них сохранили полную прозрачность и тонкое двойниковое строение; полевые шпаты представлены главным образом олигоклазом и микроклином. Под воздействием растворов, содержащих  $\text{CO}_2$ , полевые шпаты подверглись кальцинированию; при этом процессе вещество олигоклаза постепенно вытеснялось кальцитом, при одновременном выделении вторичного кварца; при разрушении калийных полевых шпатов отлагались вторичный кварц и каолинит без замещения кальцитом.

В состав цементирующего вещества входят кальцит, серицит, каолинит, вторичный кварц; наблюдаются поля, состоящие исключительно из глинистого вещества красноватобурого цвета; порода сильно каолинизирована.

Имеются выделения гидратов железа около рудных минералов и небольшие пятна медной зелени.

Рудные минералы представлены крупными зернами халькозина, борнитом в виде небольших зернышек, редкими зернышками пирита; они слабо затронуты выветриванием.

Обр. 6. Песчаник серый, слоистый, с отпечатками растений.

Песчаник со слоистой текстурой. Зерна кварца неправильной формы, почти без следов окатанности, с волнистым погасанием; средний диаметр 0,10—0,15 мм.

Встречаются крупные изогнутые листочки мусковита, вытянутые по слоистости; хлоритизованные листочки биотита с сероватосиней поляризационной окраской.



Значительное содержание полевых шпатов, олигоклаза, отчасти ортоклаза. Небольшое количество глинистого цементирующего вещества, состоящего из каолинита и вторичного кварца и окрашенного в буроватый цвет гидратами железа; небольшие выделения кальцита и медной зелени.

Рудные минералы отложились по трещинам слоистости, образуя крупные зерна; они представлены халькозином, редко небольшими зернышками халькопирита; иногда боковые границы зерен халькозина образуют листочки мусковита.

В качестве включений в халькозине встречаются кварц, полевые шпаты, мусковит; некоторые зерна халькозина разветвляются и, заполняя пространство между зернами кварца, образуют густую сетку.

Обр. 7. Песчаник серый, слоистый, плитчатый, с обуглившимися остатками растений, местами минерализованными халькозином.

Порода состоит из неокатанных зерен кварца с волнистым погасанием; некоторые зерна трещиноватые; их средний диаметр 0,10 - 0,15 мм.

Значительно содержание мусковита; наблюдаются листочки биотита с плеохроизмом:

Np - коричневатожелтый,  
Nm - темный оливковозеленый.

Встречаются отдельные зерна авгита с резким рельефом и слабым плеохроизмом.

Полевые шпаты подверглись сильному разрушению и превращены в агрегаты вторичного кварца, халцедона и каолинита.

В составе цементирующего глинистого вещества большую роль играет каолинит; характерно значительное содержание кальцита, который местами образует сплошные поля, одновременно погасающие, с ромбоэдрической спайностью.

Представителем рудных минералов является халькозин; он образует отдельные зерна и ветвистые полосы, параллельные слоистости; некоторые зерна халькозина проросли мелкими зернышками халькопирита.

Обр. 8. Песчаник мелкозернистый, серый, плотный.

В этом песчанике, преобладают неокатанные зерна кварца со следами коррозии; они содержат включения газов и жидкостей; погасание волнистое; средний размер зерен 0,24 - 0,18 мм.

Часто встречаются зерна полевых шпатов, в большей или меньшей степени каолинизированные; зерна ортоклаза — серые, трещиноватые; в прозрачных зернах платноклаза ясно выражено тонкое двойниковое строение; наибольший угол погасания в симметричной зоне, около  $12-13^\circ$ , принадлежит олигоклазу состава  $Ab_{70}Ap_{30}$ .

В значительном количестве наблюдаются листочки мусковита и хлоритизованного биотита.

Цемент в песчанике базальный; в его состав входят вторичный кварц, каолинит и серицит; между кварцевыми зернами наблюдаются отложения сульфидов, зерна и извилистые поля отложений кальцита.

В качестве медных рудных минералов в песчанике наблюдаются халькозин и халькопирит; преобладает халькозин; они почти не затронуты выветриванием; на периферии зерен небольшие выделения лимонита. Халькозин и халькопирит прорастают друг друга.

#### Обр. 9. Песчаник серый, плотный.

Песчаник мелкозернистый, в его составе господствует кварц, затем следуют полевые шпаты и слюды. Кварцевые зерна не имеют следов окатанности: форма их неправильная, заметны признаки коррозии; погасание большей частью волнистое; средний диаметр  $0,10-0,17$  мм.

Сравнительно часто встречаются полевые шпаты — ортоклаз и олигоклаз; ясно выражено замещение полевых шпатов кальцитом; наблюдались зерна ортоклаза, в которых одна половина была замещена кальцитом, а другая превращена в тонкий агрегат вторичного кварца и каолинита.

Листочки мусковита часто расщеплены и деформированы; биотит почти обесцвечен; по трещинам спайности — отложения рудного вещества.

Медные рудные минералы представлены главным образом халькозином; как продукты их выветривания в небольшом количестве встречаются лимонит и хризоколла. Халькозин встречается в виде зерен или извилистых полос с боковыми ветвями.

В некоторых зернах халькозина имеются небольшие зернышки халькопирита; в ничтожном количестве встречаются очень мелкие зернышки борнита, прорастающие халькозин. На периферии некоторых зерен халькозина, а также редких обуглившихся растительных остатков, встречаются тонкозернистые выделения яснокристаллического пирита.



Обр. 10. Песчаник трещиноватый с растительными остатками и линзами серой глины.

Песчаник мелкозернистый с базальным цементом; кроме кварца, содержит значительное количество полевых шпатов и слюд.

Зерна кварца неправильной, угловатой формы; цемент между этими зернами распределен неравномерно.

Зерна кварца содержат включения; погасание волнистое; их средний диаметр 0,16 - 0,24 мм.

Листочки мусковита зажаты между зернами кварца, часто расщеплены, представляя веерообразный пучок; встречается измененный биотит красноватого цвета, но с типичным для него плеохроизмом; наблюдались зерна титанита с резким рельефом и высокой пестрой интерференционной окраской. Полевые шпаты сильно каолинизированы, но встречаются отдельные прозрачные зерна олигоклаза с полисинтетическим двойниковым строением.

Лимонит образует небольшие зерна; коллоидальные гидраты железа местами пропитывают породу, сообщая ей красноватый или коричневый цвет; встречаются яркоокрасные зернышки гематита. В составе цемента преобладающая роль принадлежит каолиниту, в меньшей степени вторичному кварцу и серициту, отчасти кальциту. Наблюдаются поля с низкой серой интерференционной окраской, состоящие только из чешуек каолинита; обыкновенно они окрашены гидратами железа в буроватый цвет.

Рудные минералы представлены главным образом пиритом; относительно меньше содержится халькозина.

Некоторые зерна пирита совершенно не изменены, но в большинстве находятся в различных стадиях выветривания; встречаются небольшие зернышки халькопирита, сростки с пиритом.

Халькозин образует зерна и отложения по случайным трещинам; местами около зерен халькозина — выделения медной зелени.

Обр. 11. Песчаник серый, с линзами темносерой пластичной глины.

Песчаник мелкозернистый с базальным цементом; большое развитие цемента. Кварцевые зерна прозрачны, остроугольны; погасание волнистое; их средний диаметр 0,10—0,15 мм.

Встречаются крупные неизменные зерна плагиоклаза с двойниковым строением, углом симметричного погасания—13°; олигоклаз состава  $Ab_{70}An_{30}$ .

Большое содержание мусковита; часто встречаются листочки биотита с плеохроизмом:

Np—коричневатожелтый,

Nm—темнокоричневый.

Биотит часто хлоритизован и принял желтоватозеленую окраску.

Цемент имеет запутанное, войлоковидное строение; главные составные его части—серицит и каолинит, в меньшем количестве содержится вторичный кварц; цемент неравномерно окрашен гидратами железа в различные оттенки коричневого цвета.

Пирит—господствующий рудный минерал; он подвергся сильному выветриванию, приобрел черную, с буроватым оттенком окраску; редко встречаются зерна пирита с металлическим блеском латунножелтого цвета. Пирит образует крупные зерна и отложения по трещинам.

Зерна халькозина встречаются в небольшом количестве; на их периферии заметны отложения медной зелени.

Параллельно с увеличением содержания пирита резко падает количество халькозина; одновременно замечается уменьшение содержания кальцита, до полного его исчезновения.

#### Обр. 12. Песчаник плитчатый, серый.

Песчаник кальцинированный с небольшим содержанием цемента; порода кальцинирована.

Зерна кварца неправильной формы; их средний диаметр 0,45—0,60 мм. Из полевых шпатов часто встречаются серые зерна ортоклаза, реже олигоклаза. Листочки мусковита и хлоритизованного биотита рассеяны среди кварцевых зерен.

Цемент состоит из каолинита, серицита и вторичного кварца; кальцит и доломит образуют небольшие извилистые поля с высокой поляризационной окраской и ясной ромбоэдрической спайностью.

В качестве рудных минералов находим халькозин и пирит; встречаются и небольшие зернышки халькопирита.

Наблюдаются крупные зерна пирита, обросшие халькозином; с другой стороны, в халькозине бывают заметны мелкие зернышки пирита.

Интересно отметить, что в качестве включений в кальците встречаются зерна халькозина. Это говорит о том, что процессы оруденения и кальцинирования породы протекали приблизительно одновременно.



Обр. 13. Песчаник плотный, серый, с небольшими включениями комков глины.

Песчаник с базальным цементом. Зерна кварца неправильной формы; погасание волнистое; средний их диаметр 0,18—0,23 мм.

Относительно большое содержание полевых шпатов, ортоклаза и олигоклаза; часто встречаются изогнутые листочки мусковита. В состав цемента входят каолинит, серицит, вторичный кварц. Кальцит образует отложения неправильной формы; наблюдаются также ромбоэдри кальцита, содержащие мелкие включения пирита; в небольшом количестве содержится углистое вещество.

Из рудных минералов преобладает пирит в виде крупных и мелких зерен. Медные руды представлены халькозином, который содержится в меньшем количестве, чем пирит. Иногда в халькозине видны мелкие зернышки пирита, но встречаются также зерна пирита с каймой из халькозина.

Обр. 14. Песчаник плотный, серый.

Песчаник с базальным цементом. Зерна кварца неокатанные, содержат включения газов и жидкостей; их средний размер 0,18—0,24 мм.

Значительное содержание полевых шпатов, плагиоклазов, отчасти ортоклаза; плагиоклазы представлены олигоклазом и андезином состава  $Ab_{60}An_{40}$  с углом погасания в симметричной зоне  $20^{\circ}$ — $25^{\circ}$ ; в плагиоклазах значительно развиты каолинит и серицит.

Наблюдаются листочки мусковита и хлорита; встречаются зерна роговых обманок с характерным плеохроизмом:

Np — зеленоватый,

Ng — оливково-зеленый.

В большом количестве встречаются зерна лейкоксена, титанита с резким рельефом и высокой интерференционной окраской; зерна и призмочки апатита с серой интерференционной окраской, прямым погасанием и поперечной отделимостью.

Оруденение породы очень слабое; из рудных минералов встречаются небольшие зернышки пирита, переходящего в лимонит и гематит, и редкие зернышки халькозина.

Обр. 15. Песчаник темносерый с выцветами медной зелени и гипсовой коркой.

Песчаник с зернами кварца неправильной формы, содержит много включений; погасание волнистое; средний размер зерен 0,08—0,10 мм. Полевые шпаты принадлежат

ортоклазу и ряду олигоклаза; небольшие листочки мусковита; сравнительно крупные зерна лимонита. Преобладающая роль в составе цемента принадлежит вторичному кварцу и каолиниту; местами цемент окрашен медной зеленью; порода в значительной степени каолинизирована.

Из рудных минералов содержится халькозин в виде небольших зерен; почти весь пирит окислен с образованием лимонита; внутри скоплений гидратов железа наблюдаются остатки пирита в виде небольших черных зернышек.

Обр. 16. Песчанник серый, тонкослоистый.

Песчанник с базальным цементом; зерна кварца не окатаны; их средний диаметр 0,08—0,12 мм; полевые шпаты представлены ортоклазом и олигоклазом; слюды — мусковитом и выветрившимся биотитом; встречаются зерна апатита.

Порода значительно кальцинирована; кроме каолинита и серицита, в составе цемента значительное место занимают кальцит и сидерит; есть крупные зерна лимонита.

Песчанник подвергся значительному оруденению, причем медные сульфидные руды отложились в виде халькозина. Халькозин образует отдельные зерна, но главным образом заполняет трещины слоистости, представляя широкие рудные полосы. Каждая такая полоса прерывиста и состоит из ряда почти параллельных ветвистых отложений халькозина, которые сливаются и анастомозируют между собой. В халькозине включены мелкие зернышки халькопирита.

В небольшом количестве встречаются выветрившиеся зерна пирита.

Обр. 17. Песчанник серый с кальцитовыми прожилками.

Песчанник с базальным цементом, по преимуществу карбонатный, с небольшим содержанием каолинита и вторичного кварца. Зерна кварца не окатаны, с волнистым погасанием; их средний диаметр 0,15—0,25 мм.

Часто встречаются изогнутые листочки мусковита с отложением рудного вещества по трещинам спайности; повидимому, они являются продуктами полного обесцвечивания биотита; сохранились листочки коричневатого биотита с заметным плеохроизмом.

Значительное содержание полевых шпатов — ортоклаза и олигоклаза.

Большая часть цемента замещена кальцитом, отчасти доломитом и сидеритом; местами цемент слабо окрашен гидратами железа; вкраплены отдельные зерна лимонита.



Халькозин является главным рудным минералом; он встречается в виде сравнительно крупных зерен или тонких извилистых прожилок. В отложениях по трещинам халькозин иногда сопровождается халькопиритом и пиритом.

Обр. 18. Песчаник серый, тонкослоистый, с углистыми примазками.

Песчаник мелкозернистый; зерна кварца не окатаны, содержат много включений; погасание волнистое; полевые шпаты представлены ортоклазом и плагиоклазом; по величине угла погасания, около  $12-13^\circ$ , плагиоклазы принадлежат ряду олигоклаза состава  $Ab_{70}An_{30}$ ; средний размер кварцевых зерен  $0,12-0,18$  мм.

Значительное содержание слюд, мусковита и выветрившегося биотита; листочки их обычно изогнуты и зажаты между зернами кварца; вкраплены зерна лимонита.

Окраска цемента неравномерная — от красноватобурой до зеленоватосерой благодаря выделениям гидратов железа и медной зелени; в состав цемента входят каолинит и серицит; песчаник кальцинирован.

Из рудных минералов халькозин встречается в виде крупных зерен и ветвистых прожилок по трещинам слоистости различной мощности. В некоторых зернах халькозина видны мелкие зернышки халькопирита, изредка — зернышки борнита.

Обр. 19. Песчаник коричневатожелтый.

Песчаник с небольшим содержанием цемента; зерна кварца не окатаны; погасание волнистое; средний их диаметр  $0,15-0,23$  мм.

Полевые шпаты — ортоклаз и олигоклаз — кальцинированы, отчасти превращены в серицит; в неизмененных зернах олигоклаза — тонкое двойниковое строение; значительное содержание мусковита; встречаются листочки биотита; апатит в виде призматических кристаллов и зерен с заметным рельефом и низкой интерференционной окраской.

В состав глинистого вещества входят серицит, каолинит и вторичный кварц; его пропитывают гидраты железа и медная зелень, сообщая ему зеленоватобурую окраску; крупные зерна лимонита, переходящего в зернышки гематита и турьита; встречаются мелкозернистые агрегаты маляхита.

Сульфидные руды подверглись сильному окислению; медные руды представлены халькозином в виде зерен и

прожилок; в халькозине наблюдаются мелкие зернышки ковеллина; сохранились небольшие зерна пирита и халькопирита, включенных в лимонит.

Обр. 20. Песчаник сероватожелтый, слоистый и плитчатый, с тонкими углистыми прослойками.

Песчаник с базальным цементом; окраска от красновато-бурой до зеленоватокоричневой; зерна не окатаны; их средний диаметр от 0,12—0,18 до 0,30 мм.

Полевые шпаты сильно изменены процессами каолинизации и серицитизации; они представлены ортоклазом и олигоклазом. В значительном количестве наблюдаются листочки мусковита; довольно часто встречается выветрившийся биотит; попадаются отдельные зерна авгита, титанита. Цемент в большей или меньшей степени пропитан гидратами железа и медной зелени; видны отдельные зерна лимонита.

Цемент состоит из преобладающего серицита, каолинита и вторичного кварца; небольшие выделения кальцита и сидерита, окрашенного в бурый цвет.

Значительное оруденение; халькозин отложился в виде зерен и по трещинам слоистости; в халькозине иногда встречаются мелкие включения халькопирита; на периферии крупных зерен халькозина заметны мелкие зернышки ковеллина; небольшие зерна выветрившегося пирита.

Обр. 21. Песчаник желтый, слоистый, с прослойками угля до 2 см и серой глины.

Песчаник тонкозернистый с базальным цементом; преобладает цемент из глинистого вещества, в котором рассеяны отдельные зерна кварца; диаметр более крупных кварцевых зерен достигает 0,015 мм. Наблюдаются листочки мусковита. Каолинит и мельчайшие зернышки кварца являются главным образом составными частями глинистого вещества; небольшое содержание серицита.

Цемент пропитан органическим бесструктурным веществом и гидратами железа; в зависимости от их содержания окраска цемента изменяется от буро-коричневой, почти черной до красноватокоричневой и светложелтой; многочисленные обрывки обуглившихся остатков растений.

Оруденение выражено в слабой степени; халькозин встречается в виде небольших зерен и в качестве оруденяющего вещества мелких растительных остатков; попа-



даются небольшие зернышки пирита. В песчанике встречаются крупные обуглившиеся стебли растений, в сердцевине которых отложился халькозин.

Обр. 22. Песчаник серый, тонкослоистый, с налетами и мелкими вкраплениями медной зелени и сини.

Мелкозернистая песчано-глинистая порода; средний размер неокатанных зерен кварца 0,025—0,030 мм; листочки мусковита и небольшие зернышки каолинизированных полевых шпатов.

Глинистое вещество преобладает по сравнению с количеством кварцевых зерен; оно состоит из каолинита, в меньшей степени из серицита.

Глинистый песчаник равномерно пропитан гидратом железа, к которому местами присоединяется медная зелень.

Медные руды представлены небольшими зернами халькозина, рассеянными в породе; халькозин является оруденяющим веществом для обрывков и мелких остатков обуглившихся растений; при процессе оруденения иногда сохраняется внешняя форма и отчасти следы внутреннего строения растительного вещества.

Наблюдаются небольшие зерна халькопирита и пирита.

Обр. 23. Песчаник серый, по трещинам с гипсом, с выцветами медной зелени.

Песчаник с базальным цементом; зерна кварца не окатаны; многие из них корродированы и содержат большое количество включений; средний их размер 0,12—0,20 мм. Содержание полевых шпатов небольшое; часть их зерен превращена в агрегат серицита и вторичного кварца; из полевых шпатов встречаются прозрачные зерна микроклина с типичным решетчатым двойниковым строением; зерна плагиоклаза серого цвета, полупрозрачны, каолинизированы; наблюдаются листочки мусковита и хлоритизированного биотита, зерна лимонита с включениями гематита.

Порода каолинизирована; кальцит является главной составной частью цемента, в котором наряду с глинистым веществом присутствуют гидраты железа и выделения медной зелени.

Главным представителем рудных минералов является халькозин; он образует отдельные зерна и входит в состав цемента, представляя запутанную сеть между зернами кварца.

В халькозине в качестве включений встречаются зернышки халькопирита; редко зернышки ковеллина; в небольшом количестве выветрившиеся зерна пирита.



## АЛЕВРОЛИТЫ И ГЛИНЫ

## Обр. 24. Алевролит желтобурый со сланцевой текстурой.

Главными составными частями алевролита являются глинистые минералы, придающие ему тонковолокнистое сланцеватое строение; меньшая роль в составе глинистого вещества принадлежит кварцу.

В небольшом количестве содержатся более крупные зерна кварца и каолинизированных полевых шпатов со средним диаметром 0,01 — 0,08 мм, а также листочки мусковита, вытянутые по направлению слоистости. Окраска глинистого вещества изменяется от серой до желтобурой, в зависимости от содержания гидратов железа.

Представителем рудных минералов меди является халькозин; он встречается в незначительном количестве, образуя небольшие рассеянные зерна; попадают также небольшие зерна халькопирита.

Пирит подвергся сильному выветриванию; небольшие зернышки его сохранились среди отложений лимонита.

## Обр. 25. Глина зеленоватосерая.

Глина тонкого строения; состоит из чешуек различных глинистых минералов; кварц содержится в виде рассеянных зерен среднего размера 0,045 — 0,060 мм; отдельные листочки мусковита. Окраска породы коричневатосерая, с зеленоватым оттенком. Многочисленные небольшие зерна халькозина равномерно пропитывают глинистую породу; они почти не изменены выветриванием; незначительные выделения медной зелени; изредка сравнительно крупные зерна лимонита.

## Обр. 26. Алевролит тонкослоистый с отпечатками растений.

Алевролит с базальным цементом, количество которого распределено неравномерно; окраска породы — от красноватокоричневой до светлой коричневатожелтой.

Угловатые зерна кварца с волнистым погасанием и большим количеством включений; их средний диаметр 0,06 — 0,07 мм, в некоторых зернах до 0,10 мм.

Часто встречаются листочки мусковита, вытянутые по направлению слоистости; зерна основного олигоклаза и ортоклаза; отдельные зерна титанита с резким рельефом.

Цемент в преобладающей массе состоит из тонких чешуек глинистых минералов и вторичного кварца; зерна лимонита и туррита; местами порода сильно пропитана



гидратами железа; небольшие выделения кальцита, медной зелени и хризоколлы. Оруденелые остатки растений с еще заметной клетчатой структурой.

Медные рудные минералы представлены халькозином в виде отдельных крупных зерен, иногда со включением мелких зернышек халькопирита в качестве оруденяющего вещества растительных остатков; в некоторых зернах халькозина заметны следы идиоморфизма. Небольшие, выветрившиеся зерна пирита,

Обр. 27. Глина местами с выцветами медной зелени и спина.

Порода неоднородна по составу и строению; наблюдаются последовательные переходы от чисто глинистых полей к типичному аркозовому песчанику с небольшим содержанием цемента.

Глинистые поля состоят из чешуек глинистых минералов и мельчайших зернышек кварца; в глинистом веществе рассеяны зерна кварца со средним диаметром 0,003—0,005 мм; встречаются листочки мусковита; глинистое вещество пропитано гидратами железа, которые придают ему красную окраску, местами переходящую в зеленоватобурую, благодаря присутствию медной зелени; большое содержание мелких обуглившихся остатков растений. Поля, соответствующие аркозовому песчанику, по общему типу резко отличаются от глинистого вещества; в них зерна кварца неправильной формы, со средним диаметром 0,15—0,23 мм; часто встречаются крупные листочки мусковита. Содержание цемента незначительно, благодаря меньшему количеству гидратов железа и почти полному отсутствию органических веществ; он слабо окрашен и прозрачен.

Халькозин—господствующий представитель сульфидных медных руд; но форма его выделения и распределения в глинистых и аркозовых полях различна.

В глинистых полях выделение халькозина связано с восстановительным процессом под влиянием обуглившихся частиц остатков растений; халькозин замещает обугленное органическое вещество и наблюдается в виде мелких рассеянных зернышек.

В аркозовых полях халькозин представляет крупные зерна или прожилки; он образовался путем непосредственного осаждения из водного раствора сульфида меди, вне всякой связи с восстановительными процессами, обычно происходящими в присутствии органических углистых веществ.



Из других рудных минералов надо упомянуть о присутствии небольших зерен борнита и халькопирита; встречаются также зернышки пирита.

В аркозовых полях наблюдаются пятна выделений медной зелени и сини.

Обр. 28. Алевролит с темносерыми прослоями, обогащенными органическими остатками и медной зеленью.

Песчано-глинистая порода с большим содержанием кварцевых зерен; зерна кварца не окатаны, содержат много включений; погасание волнистое; их средний размер 0,040—0,065 мм; часто встречаются листочки мусковита; наблюдаются зерна авгита бледнозеленого цвета со слабым плеохроизмом; сильно каолинизированные полевые шпаты.

Глинистая основная масса неравномерно окрашена в довольно интенсивный коричневатозеленый цвет; она вся в большей или меньшей степени пропитана медной зеленью и гидратами железа.

Неокисленные сульфидные руды представлены небольшими редкими зернами халькозина и сильно выветрившимися черными зернышками, окаймленными лимонитом, в которых заметны остатки пирита или халькопирита.

Обр. 29. Алевролит буроватосерый, по трещинкам окрашенный в черный цвет.

Песчано-глинистая порода тонкого строения; зерна кварца содержат много включений; их средний размер 0,02—0,03 мм; многочисленны листочки мусковита; глинистое вещество по преимуществу состоит из серицита; окраска породы коричневатосерая; углистые частицы органического вещества. Порода в значительной степени пропитана гидратами железа. Наблюдается концентрация лимонита и сульфидных рудных минералов вдоль небольших трещин.

Медные руды представлены небольшими зернышками халькозина и халькопирита, рассеянными в породе; они являются оруденяющим веществом для органических остатков; присутствуют зернышки пирита; халькозин образует отложения в трещинках; медные сульфидные руды отчасти окислены, с выделением медной зелени.

Обр. 30. Глинистый сланец серый с редкими растительными остатками.

Глинистая порода очень тонкого строения; главная ее масса состоит из чешуек глинистых минералов; кварц содержится в значительно меньшем количестве; средний



размер зерен кварца 0,006—0,003 мм, размер более крупных зерен — до 0,012 мм; зерна лимонита и углистые частицы; в небольшом количестве очень мелкие зернышки халькозина.

Обр. 31. Глина серая с углем и желтыми налетами.

Глинистая порода очень тонкого строения; местами она окрашена медной зеленью в зеленоватый цвет. Глина пропитана органическим веществом и включает остатки древесной растительности, превращенной в бурый уголь; окрашена в густой красноватый цвет, местами непрозрачна.

В органическом веществе и в буре угле наблюдаются зерна халькозина: отдельные зерна лимонита с небольшими зернышками пирита.

Халькозин представляет собой небольшие зерна, отложившиеся по трещинам кливажа или между волокнами обуглившихся растений.

Обр. 32. Глина серая с углем и желтыми налетами.

Тонкослоистая глинистая порода, состоящая из чешуек глинистых минералов, при небольшом содержании мельчайших кварцевых зернышек; органическое вещество в виде небольших углистых частиц; местами пропитывает глинистую массу. Незначительное содержание гидратов железа; отложения лимонита вблизи рудных минералов.

Оруденение слабое; халькозин представляет небольшие зернышки; сильно выветрившиеся зерна халькопирита; в сростании с ним наблюдаются очень мелкие зернышки ковеллина.

Окраска породы светлосерая, в местах накопления лимонита красноватая; иногда замечается зеленоватый оттенок, благодаря выделению медной зелени.

Обр. 33. Алевролит буроватокрасный, с серыми пятнами, слоистый.

Песчано-глинистая порода; серицит является главной составной частью глинистого вещества при небольшом содержании зернышек кварца; порода красноватого цвета с различными оттенками; сильно пропитана гидратами железа; угловатые зерна кварца содержат включения газов и жидкостей; погасание волнистое; их средний диаметр 0,018—0,030 мм; большое содержание листочков мусковита, вытянутых по направлению слоистости; попадают не-

большие серые зернышки полевых шпатов; в глинистом веществе слабые выделения медной зелени; обугленные зерна растительных остатков.

Из рудных минералов встречаются зернышки пирита; изредка небольшие зерна халькозина; в небольшом количестве халькопирит.

Обр. 34. Глина красная с серыми пятнами.

Очень тонкая глинистая порода, сильно пропитанная гидратами железа; местами непрозрачна или окрашена в густой краснобурый цвет; при отсутствии гидратов железа окраска светлосерая.

В массе коллоидального лимонита встречаются зерна не вполне выветрившегося пирита; очень редко небольшие зернышки халькозина.

Описанные породы представлены тонко- и мелкозернистыми песчаниками, оруденелыми песчаниками и алевролитами, а также подчиненными им сланцеватыми глинами.

В песчаниках главной составной частью является кварц, при большем или меньшем количестве ортоклаза и олигоклаза.

Кроме того в них наблюдается значительное содержание мусковита; в небольшом количестве встречаются цветные силикаты биотит, хлорит, авигит и роговая обманка. Из акцессорных минералов — титанит, апатит и другие. В состав цемента входят серицит, каолинит, вторичный кварц и халцедон; относительное содержание серицита и каолинита непостоянно. Во многих случаях существенную роль в составе цемента играют кальцит и бурый железняк. В зоне окисления цемент иногда окрашен медной зеленью и синью.

В оруденелых песчаниках глинистое вещество цемента в значительной степени замещено карбонатами — кальцитом, доломитом и сидеритом, отчасти сульфидами меди и железа, при незначительном содержании гидратов железа.

Алевролиты характеризуются присутствием большого количества гидратов железа в качестве цементирующего вещества, которое образовано в основном серицитом. В алевролитах пирит и халькозин находятся в виде небольших рассеянных зерен, а иногда тонких прожилок. Глины также содержат темные мелкие зернышки сульфидов.

Господствующим представителем сульфидных медных руд является халькозин; халькопирит содержится в небольшом количестве. Такие минералы, как ковеллин, борнит,



встречаются в редких случаях и в виде небольших зерен. В зоне окисления сульфидные руды переходят в малахит, азурит, отчасти хризоколлу. Содержание пирита неравномерное: он сконцентрирован главным образом в песчаниках и алевролитах, бедных сульфидами меди. При окислении пирит образует значительные скопления вторичного лимонита.

Считаем нужным уделить здесь особое внимание так называемым конгломератам из толщи медистых песчаников. Наши полевые наблюдения показали, что они макроскопически описаны неправильно. Учитывая принципиальное значение отмеченного факта для палеогеографических заключений, мы пересмотрели весь имевшийся в нашем распоряжении материал по этому вопросу.

А. В. Гуров (18) впервые указал на присутствие в толще медистых песчаников „медистых конгломератов“, без всякого их описания.

Н. Н. Яковлев и Г. И. Егоров в своем описании планшета IV-21 детальной геологической карты Донецкого каменноугольного бассейна (98) также отмечают присутствие конгломератовидных песчаников в рассматриваемой толще. С. И. Евсеева (24) указывает на наличие среди медистых песчаников „очень своеобразных конгломератов, состоящих из галек глины, сцементированных песчаным цементом“.

Лишь в работе Е. С. Шалыт (83) мы находим подробное описание этих конгломератов, которое приведем почти полностью.

„Конгломераты образуют небольшие прослойки, мощностью 0,10—0,65 м. Это довольно рыхлые, но местами плотные породы, преимущественно краснобурого цвета. Крупный *кластический материал, обуславливающий конгломератовидный характер породы, состоит, главным образом, из галек красной плотной глины, а в рудоносных пластах из галек доломита и сидерита*“ (стр. 100).

„Цемент в рудоносных конгломератах состоит из сидерита (около 45%), рудных минералов (около 50%), и глинистого вещества (около 5%). Рудные минералы, составляющие цемент конгломератов, состоят из халькозина (около 97%), ковеллина (1—2%) и пирита (1—2%). Пирит является остаточным минералом и заключен внутри зерен халькозина. В конгломератах, находящихся вне рудоносных пластов, *галки глины находятся в песчаниках и сцементированы преимущественно глинисто-слюдисто-кремнистым веществом. Присутствие конгломератов среди толщи медистых песчаников свидетельствует о размывах,*



*чередовавшихся с периодами накопления кластического материала\** (стр. 101, курсив наш — К. С.-З. и И. Л.).

Уже из приведенной характеристики следует, что эти породы весьма загадочны по своему генезису и вряд ли их можно именовать конгломератами.

В действительности во время полевых исследований макроскопически четко установлено, что так называемые конгломераты представляют собою глинисто-карбонатные конкреции разнообразной формы.

Чтобы подробнее осветить этот вопрос, даем описание некоторых пород толщи медистых песчаников из Картамышской мульды, получивших при изысканиях наименование конгломератов (23).

Обр. 35. „Конгломерат“, образованный „обломками“ глин со слабым песчанистым цементом.

Порода представляет собой типичный песчаник с преобладанием кварцевых зерен; глинистое вещество образует пятна неправильной формы. В состав песчаника входят кварц, полевые шпаты, хлорит и мусковит; редко встречаются зерна авгита; песчаник большей частью сильно кальцинирован.

Рудные минералы представлены халькозином, ковеллином, сильно выветрившимся пиритом; как продукты их окисления присутствуют медная зелень, хризоколл, бурый железняк и гематит.

Кварц содержится в виде неокатанных зерен неправильной формы, имеет много включений газов и жидкостей; погасание волнистое; средний размер кварцевых зерен 0,12–0,20 мм.

Полевые шпаты сильно изменены; зерна ортоклаза почти превращены в агрегат вторичного кварца и каолинита; наблюдается замещение плагиоклазов кальцитом; в некоторых зернах плагиоклазов сохранилось двойниковое строение. Судя по углам погасания в симметричной зоне, плагиоклазы принадлежат к ряду олигоклаза; состав:  $Ab_{75}An_{25}$  —  $Ab_{70}An_{30}$ .

Листочки хлорита бледнозеленого цвета, часто изогнуты и деформированы; в них по трещинам спайности наблюдаются отложения рудного вещества; небольшие листочки мусковита рассеяны между зернами кварца.

Кальцит является более поздним образованием; он представлен отдельными зернами или неправильными ветвистыми выделениями, образуя до известной степени цемен-



тирующее вещество для кварцевых зерен; часто окрашен в буроватый цвет гидратами железа.

*Наблюдаются начальные стадии образования известковых стяжений. Они характеризуются концентрическим строением и состоят из извилистых полос тонкозернистого кальцита, окрашенных гидроокисями железа.*

Медные рудные минералы представлены почти исключительно халькозином; редко встречаются зернышки ковеллина. Небольшие зернышки халькозина равномерно распределены в породе; изредка встречаются крупные его зерна. Халькозин почти не затронут выветриванием; в местах скопления зернышек халькозина наблюдаются незначительные выделения медной зелени и изотропной хризоколлы.

Пирит лишь едва сохранился; он почти весь превращен в бурый железняк с образованием зернышек гематита или туррита.

Встречаются сростки небольших зернышек пирита и ковеллина.

Обр. 36. „Конгломерат“ коричневатосерого цвета.

Порода представляет собой алевролит со значительным содержанием угловатых зерен кварца с волнистым погасанием; их средний размер 0,10—0,12 мм; в небольшом количестве содержатся зерна ортоклаза и олигоклаза с двойниковым строением; присутствуют листочки мусковита.

Алевролит каолинизирован; кальцит является главной составной частью цемента, вытесняя глинистое вещество или пропитывая его. Сплошные выделения лимонита, который пропитывает однородные поля, состоящие из глинистого вещества без кварцевых зерен или кальцита; лимонит имеет эллипсоидальную или неправильную форму и темную коричневатобурую окраску.

Строение выделений лимонита неправильно концентрическое, с хорошо выраженными кольцами Лизеганга; встречаются пустоты, инкрустированные кристалликами кальцита и сидерита; окраска лимонита изменяется от желтой до темной красновато-коричневой. В отложениях лимонита наблюдаются черные непрозрачные зернышки полуокисленных сажистых сульфидных руд. В небольшом количестве содержатся неизмененные зернышки пирита и халькозина.

Обр. 37. „Конгломерат“ буроватосерого цвета.

По внешнему виду и структуре эта порода имеет полное сходство с вышеописанной. Под микроскопом в ней наблюдаются эллипсоидальной или неправильной формы выделе-



ния лимонита, пропитывающие глинистое вещество; окраска их изменяется от коричневатой до темной краснобурой; в некоторых заметно концентрическое строение.

Порода очень сильно кальцинирована; кальцит — главная составная часть вещества, цементирующего выделения лимонита; в нем рассеяны небольшие зерна кварца, ортоклаза, олигоклаза и листочки мусковита.

Внутри некоторых стяжений лимонита встречаются участки того же минералогического состава, как и окружающий их цемент. Они образовались благодаря концентрации и выпадению гидратов железа в определенных точках песчано-глинистой породы.

Оруденение незначительное; встречаются небольшие зерна халькозина и халькопирита; зерна пирита выветрились и потеряли свои характерные признаки.

Обр. 38. Серый тонкозернистый песчаник с „конгломератом“, углем и сульфидами меди.

Типичный песчаник с базальным цементом; зерна кварца неправильной формы; их средний размер 0,15—0,22 мм; часто встречаются зерна диаметром до 0,30 мм; полевые шпаты представлены ортоклазом и олигоклазом с углом погасания в симметрической зоне около  $10^\circ$ ; плагиоклазы каолинизированы; наблюдается полное замещение олигоклаза вторичным кварцем, при сохранении следов спайности; замещение происходило последовательно по трещинам спайности по плоскости {010}; деформированные листочки мусковита, небольшие зерна лимонита.

Главные составные части глинистого вещества — каолинит и вторичный кварц; есть выделения медной зелени.

Песчаник сильно кальцинирован; кальцит является главным связующим веществом для зерен кварца; присутствует сидерит; под воздействием углекислых растворов полевые шпаты разрушались, превращаясь в каолинит и вторичный кварц.

Оруденение значительное; халькозин представляет собой многочисленные зерна, часто с боковыми ответвлениями; они заполняют пространство между зернами кварца и принимают участие в образовании цемента; встречаются небольшие выветрившиеся зернышки пирита и халькопирита.

Обр. 39. Серый песчаник с „конгломератом“ и растительными отпечатками.

Песчаник тонкозернистый с базальным цементом; зерна кварца не окатаны, часто корродированы; их средний размер



0,075 — 0,120 мм; встречаются зерна ортоклаза и олигоклаза, листочки мусковита.

Песчаник кальцинирован; кальцит является главной составной частью цемента; некоторые зерна полевых шпатов превращены во вторичный кварц; небольшие выделения медной зелени; присутствует органическое вещество. Наблюдаются начальные стадии образования известково-железистых стяжений.

Халькозин — в небольшом количестве, в виде отдельных зернышек; встречается халькопирит; содержание гидратов железа незначительное.

Обр. 40. Серый „конгломератовидный“ песчаник.

Типичный песчаник с базальным цементом; зерна кварца не окатаны; их средний диаметр 0,10 — 0,15 мм; зерна ортоклаза и олигоклаза; встречаются небольшие зерна авгита и титана; зерна лимонита и яркокрасные зернышки гематита.

Цемент окрашен медной зеленью в зеленоватосерый цвет.

Песчаник кальцинирован; кальцит является существенной составной частью цемента; наблюдаются стяжения эллипсоидальной или неправильной формы, состоящие из тонкого слоистого вещества, пропитанного кальцитом; они окрашены в коричневый или краснобурый цвет.

Халькозин образует зерна, подвергшиеся выветриванию; встречаются зернышки халькопирита.

Таким образом, приведенные выше описания ясно говорят о том, что породы, отнесенные в Картамышской мульде к конгломератам, по способу своего образования и текстуре не имеют с ними ничего общего.

Как явствует из характеристики, данной Е. С. Шалыт „конгломератам“, они могут быть подразделены на два типа:

Первый тип — гальки глины находятся в песчаниках и сцементированы главным образом глинисто-слюдисто-кремнистым материалом (83). На самом деле сюда относятся неправильные комки красной глины, сцементированные железисто-глинистым веществом. Комки красной глины представляют различные стадии стяжений глинистого железняка.

Второй тип составляют конгломераты рудоносных пластов — гальки доломита и сидерита, сцементированных песчано-глинистым материалом, карбонатами и сульфидными рудными минералами меди, отчасти железа. В наиболее оруденелых конгломератах цемент состоит из сиде-



рита и сульфидов, при небольшом содержании глинистого вещества (83).

Последний тип с генетической точки зрения заслуживает более детального обзора. Для „конгломератов“ этого типа характерно, что в составе стяжений, описанных Е. С. Шалыт как галька, в цементе главная роль принадлежит карбонатам — доломиту и сидериту. Образование пород рассматриваемого типа представляет сложный и длительный процесс, охватывающий стадии диагенеза и катагенеза.

В стадию диагенеза образовались конкреции доломита и сидерита. Источником железа, необходимого для образования сидерита, были гидроокислы железа, находившиеся в породе.

В последующую стадию катагенеза в горную породу проникли растворы, содержавшие бикарбонаты  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$  и  $\text{CuSO}_4$ . Оруденелые песчаники, в отличие от глинистых и алевролитовых, обладали значительной пористостью; в порах скоплялись  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$ , благодаря чему создавались благоприятные условия для образования кальцита, доломита и сидерита и осаждения халькозина, которые метасоматически замещали кремнисто-глинистый цемент.

Источником  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$  являлись органические вещества растительного происхождения, находившиеся как в оруденелой породе, так в еще большем количестве в прилежащих глинистых породах. Поскольку в составе среды преобладал  $\text{CO}_2$  при относительно небольшом содержании  $\text{H}_2\text{S}$ , то лишь небольшая часть железа могла выделиться в форме сульфидов; главная его масса вошла в вещество сидерита; при этом часть  $\text{H}_2\text{S}$  должна была затрачиваться на восстановление окиси железа в закись.

На осаждение из одного и того же раствора карбонатов  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Fe}$  и сульфидов меди указывает частое нахождение халькозина в отложениях сидерита и в кальцитовых прожилках.

Почти все породы толщи медистых песчаников характеризуются значительным содержанием железа (к сожалению, в большинстве существующих анализов приводится суммарное его количество в виде окиси).

Алевролитовые и глинистые породы с незначительным содержанием меди окрашены в темнокрасные или коричневатокрасные цвета и содержат наибольшее количество железа в форме его гидроокисей; рудоносные породы имеют более светлую окраску — серую или зеленоватосерую — и обыкновенно более бедны железом, значительная часть которого в них находится в виде закиси.



Другой характерной особенностью некоторых пород толщи медистых песчаников является значительное содержание  $MgO$ , иногда превышающее содержание  $CaO$ . Так, например, песчанистая сине-серая глина из балки Горелый Пень, окрашенная солями меди в зеленоватые и синие тона и обогащенная оруденелыми остатками, содержала  $Fe_2O_3$  — 10,11%,  $CaO$  — 0,61,  $MgO$  — 1,42,  $Cu$  — 1,37%; в другом образце этой же породы, взятой на расстоянии нескольких метров, оказалось  $Fe_2O_3$  — 4,46%,  $CaO$  — 0,90,  $MgO$  — 1,80, при содержании  $CuO$  — 2,10%. В плотном сером песчанике из той же балки Горелый Пень, покрытом медной зеленью и синью по трещинам, было установлено содержание  $Fe_2O_3$  — 2,40%,  $CaO$  — 0,32,  $MgO$  — 1,79 и  $CuO$  — 1,37% (67).

Приводим также некоторые данные из анализа рудонной породы ур. Картамыш. По определению Е. В. Рожковой и Т. И. Горшковой, порода представляет красноватый мергель, обогащенный медными соединениями; содержание  $Fe_2O_3$  — 5,99%,  $CaO$  — 4,39,  $MgO$  — 4,20,  $S$  — 0,06,  $CO_2$  — 4,26, (67).

Как видно из данных анализа, в песчано-глинистой породе со значительным содержанием карбонатов сульфиды подверглись почти полному окислению.

Представляет интерес следующий, более полный, анализ сильно оруденелого песчаника с прожилками халькозина из ур. Картамыш, приводимый С. И. Евсеевой и А. Д. Ракитиным (23), где, кроме  $Cu$ ,  $SiO_2$  и  $Al_2O_3$ , содержатся:  $Fe_2O_3$  — 4,84,  $FeO$  — 3,39,  $CaO$  — 4,92,  $MgO$  — 2,89,  $SO_3$  — 8,58,  $S$  (сульфидная) — 2,23,  $CO_2$  — 4,26%.

В этом анализе обращает на себя внимание значительное содержание в песчанике  $FeO$  и сульфатной серы. Выделение  $H_2SO_4$  при осаждении сероводородом сульфидов меди из ее сульфатного раствора объясняет частое нахождение в оруденелых песчаниках в парагенезисе с халькозином — гипса, иногда барита и редко целестина.

Почти все породы медистой толщи обнаруживают в той или иной степени оруденелость сульфидами. Выделения пирита приурочены к тонкозернистым породам — алевролитам и глинам, пропитанным органическими веществами растительного происхождения. В противоположность сульфидам меди, пирит встречается в небольшом количестве в мелкозернистых породах. Пирит является эпигенетическим образованием; это доказывается его морфологическими свойствами, формой выделения его агрегатов. Мы находим пирит в виде небольших зерен, тонких прожилок по плоскостям напластования и случайным трещинкам.



Образование пирита в большинстве случаев не связано с миграцией железа; он выделяется в глинистых, богатых железом породах при непосредственном воздействии  $H_2S$  на гидроокиси железа. Образование пирита возможно в стадиях диагенеза и катагенеза. Часть пирита выделена раньше халькозина, другая же его часть отложилась после образования халькозина. В пирите иногда заметны включения зернышек халькозина. Наблюдаются случаи метасоматического замещения пиритом лигнитизированных растительных остатков.

Почти все породы медистой толщи оруденели медью, но содержание меди колеблется в очень широких пределах — от сотых и десятых долей процента до 10%. Наименьшую концентрацию меди встречаем в алевролитах и глинах; наибольшей величины она достигает в мелкозернистых песчаниках и в „конгломератовидных“ породах.

Первичные сульфиды меди представлены халькозином и в незначительной степени халькопиритом. Ковеллин, повидимому, вторичного происхождения. Мы большей частью находим его в виде тонких пленок на поверхности зерен других сульфидов меди, как промежуточный продукт их окисления.

Халькозин встречается в тонкозернистых песчаниках в виде отдельных рассеянных зернышек. В мелкозернистых песчаниках халькозин образует сравнительно крупные зерна, прожилки и конкреции с диаметром 5 - 8 см, приуроченные к лигнитизированным обломкам древесины. Часть халькозина образовалась как непосредственный химический осадок из водных растворов, но при отложении халькозина существенную роль играл и метасоматоз. Под микроскопом мы наблюдаем замещение халькозином пирита. Этот процесс начинается на поверхности зерен пирита и распространяется вдоль трещин в его внутреннюю часть.

Т. Ю. Лапчик в недавно опубликованной статье (46) на основании минералографического исследования сульфидов медистых песчаников Донецкого бассейна устанавливает следующий порядок их выделения: пирит, халькопирит, борнит, халькозин, ковеллин. По мнению автора, пирит, халькопирит и борнит представляли первоначально гели, выпадавшие одновременно в восстановительной среде в виде тонкодисперсной смеси.

Интересна зарисовка аншлифа сульфидов (№ 8), приводимая Т. Ю. Лапчик (рис. 4). Она дает полную картину последовательного осаждения и замещения одних сульфидов другими.



При микроскопических исследованиях нами неоднократно наблюдалось замещение пирита халькопиритом и халькозином.

Мы рассматриваем выделение всех сульфидов в оруденелых песчаниках как последовательный химический процесс, протекавший в одинаковых физико-химических условиях. Порядок выделения сульфидов определялся не степенью их растворимости, а влиянием массы железа, находящегося в растворе в виде бикарбоната или сульфата.

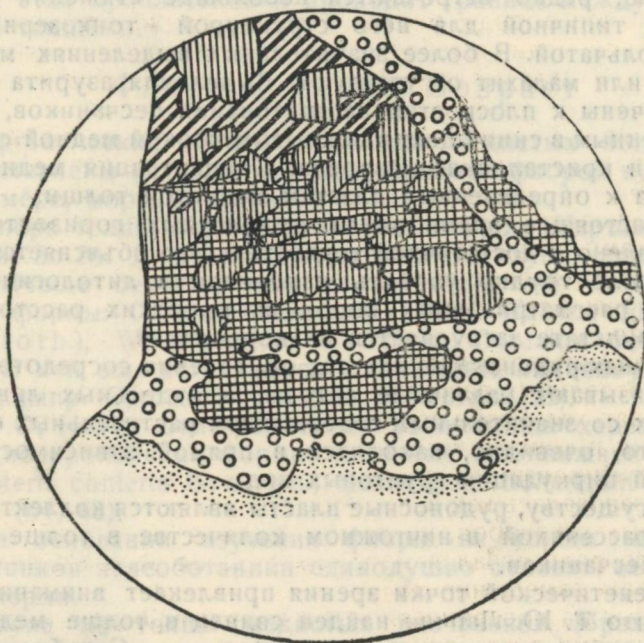


Рис. 4. Халькопирит в пиритовой конкреции по Т. Ю. Ланчик (46, стр. 43). Штриховка вертикальная — пирит; сетка — халькопирит; кружочки — борнит; точки — халькозин; косая штриховка — пустоты в конкреции. Увеличение — 48.

К. Шоутен совсем недавно доказал, что выделение сульфидов меди в медистых сланцах Мансфельда связано с широким развитием метасоматических процессов (104). Первичным сульфидом в медистых сланцах, согласно Шоутен, является пирит, условия генезиса которого автором не рассматриваются.

В осаждении сульфидов меди, замещавших пирит и ее ранее выделившиеся сульфиды, существует определенная



последовательность, совпадающая с рядом, наблюдавшимся Т. Ю. Лапчик в медистых песчаниках Донецкого бассейна.

Замещение лигнитизированной древесины халькозином не происходит непосредственно. Первоначально древесина замещается кальцитом или пиритом, а при дальнейшем развитии метасоматического процесса халькозином.

Окисленные медные руды представлены малахитом и азуритом, редко хризоколлой. Карбонаты меди обычно представлены их землистыми разновидностями — медной зеленью и синью; редко встречаются небольшие стяжения малахита с типичной для него структурой — тонкозернистой или игольчатой. В более значительных выделениях медная зелень или малахит отсутствуют. Выделения азурита часто приурочены к плоскостям напластования песчаников, густо окрашенным в синий цвет и покрытым коркой медной сини и мелкими кристалликами азурита. Концентрация меди приурочена к определенным пластам медистой толщи.

В настоящее время число рудоносных горизонтов не установлено с достаточной точностью. Это объясняется тем, что в поле трудно уловить изменения в литологическом составе рассматриваемых пород на коротких расстояниях и в результате затрудняется их корреляция.

В самых рудоносных пластах оруденения сосредоточены, как указывают различные авторы, в отдельных линзах и полосах со значительным содержанием растительных остатков, что, очевидно, находится в прямой зависимости от условий циркуляции грунтовых вод.

По существу, рудоносные пласты являются коллекторами меди, рассеянной в ничтожном количестве в толще медистых песчаников.

С генетической точки зрения привлекает внимание тот факт, что Т. Ю. Лапчик найден свинец в толще медистых песчаников, развитых в окрестностях с. Серебрянки на р. Сев. Донец. Согласно автору, здесь толща медистых песчаников представлена сверху серыми песчаниками, под которыми залегают краснобурые глины с голубоватыми пятнами, а также имеющие подчиненное значение серые и темносерые глины, содержащие карбонаты. В серых глинах встречаются линзочки и тонкие прослойки сажи мощностью от 0,10 до 0,30 м. В саже и обнаружен свинцовый блеск в виде тонкозернистого агрегата (44).

Различные авторы определяют общую мощность медистой толщи неодинаково: Н. Н. Яковлев — 500 м (99), а другие — 1000 — 1200 м (83). Этот разноречивый вызван, с одной стороны, неясностью вертикальных границ толщи, с дру-



гой — отсутствием разработанных коррелятивов для сопоставления отдельных разрезов.

Граница толщи медистых песчаников с вышележащей известняково-доломитовой толщей проводится по-разному. Некоторые исследователи (21) указывают на наличие в верхах толщи медистых песчаников редких и тонких прослоев известняков. Н. Н. Яковлев и Г. И. Егоров (98) отмечают, что эти известняки доломитизированы и относятся к вышележащей известняково-доломитовой толще; ниже этих пропластков и проходит граница между названными толщами.

### Флора и фауна. Возраст

Органические остатки в толще медистых песчаников представлены главным образом наземной флорой и, в меньшей мере, морской фауной.

Флора толщи медистых песчаников, или Картамышской серии, по М. Д. Залесскому, кроме *Dadoxylon amadokense* Zal. (чаще без годичных колец) включает такие пермские формы: *Calamites losovanus* Zal., *Walchia filiciformis* (Schloth.), *W. hypnoides* Brongn., *Cordaites bairakensis* Zal. В ней еще встречаются и некоторые каменноугольные виды, напр. *Cordaites principalis* Germar. (29).

Е. О. Новик отмечает среди этой толщи характерные западноевропейские формы, типичные для нижней перми: *Callipteris conferta* Brongn., *Samaropsis holtedahlii* Hoeg. и др. (64, 65).

На основании изучения флоры из толщи медистых песчаников палеоботаники единодушно относят ее к нижней перми.

Фауна из толщи медистых песчаников (брахиоподы, двустворчатые моллюски, гастроподы и головоногие) стала известна лишь недавно, и надо полагать, что в ближайшее время список ее увеличится.

В 1934 г. Т. Ю. Лапчик в овраге, у западного края с. Серебрянки, в мергелистом прослойке среди глин толщи медистых песчаников собрала коллекцию фауны, представленную хорошо сохранившимися отпечатками и ядрами. Мергелистая прослойка, мощностью в 0,20 м, заключающая фауну, содержит характерные для рассматриваемой толщи карбонатные, доломитизированные конкреции и налеты медной зелени и сини. П. Л. Осауленко при предварительной обработке этой фауны определила следующие формы:  *Lingula orientalis* Golowk., *Macrodon kingianum* Vern.,



*Palaeomutela* aff. *umbonata* Fisch., *Schizodus rossicus* Vern., *Schizodus wheeleri* Swall., *Schizodus* sp. сходный с *Schizodus jacoblevi* Fedot., *Solenopsis* aff. *parvulus* Netsch., *Solemya* cf. *kazanensis* Stuck. et Netsch., *Allorisma* aff. *elegans* King., *Osteoderma kutorgana* Vern., *Ancella* cf. *hausmanni* Goldf., *Murchisonia subangulata* Vern. (43).

В некоторых других пунктах (ур. Ямки—Картамышская мульда, Гавриловская скважина) также в мергелистых глинах рассматриваемой толщи обнаружена фауна.

Л. Ф. Лунгерсгаузен приводит следующие формы (24, 50): *Chonetes carbonifera* Keys., *Chonetes* sp., *Streptorhynchus* sp. (aff. *pelargonatus* Schloth.), *Lingula* sp. (aff. *orientalis* Golowk.), *Notothyris nucleolus* Kutorga, *Anthraconeilo* sp., *Edmondia nebrascensis* Geinitz, *Edmondia* cf. *antoninae* B. Tschern., *Leda subacuta* Waagen, *Solenomya* (*Solemya*) sp., *Solenopsis* sp., *Allorisma elegans* King., *Lima* sp. (cf. *kazanensis* Netsch?), *Straparollus lutugini* Jak. var. *convexa* Lung., *Murchisonia* aff. *subangulata* Vern. Кроме того найдены, по предварительному определению Л. С. Либровича, две формы головоногих *Temnocheilus* sp., *Gastrioceras* sp.? (50).

Сопоставляя приведенные списки, замечаем, что они содержат много общих форм.

Пермский облик этой фауны выступает весьма четко. В ней имеются формы, типичные для перми восточной части Русской платформы и Приуралья (5), причем наряду с нижнепермскими встречаются и верхнепермские виды: *Lingula orientalis* Golowk., *Murchisonia subangulata* Vern. и др. Наличие верхнепермских форм в донецкой перми, как будет видно из обзора вышележащих ее толщ, явление отнюдь не случайное.

Формы, определенные П. Л. Осауленко, как и приводимые Л. Ф. Лунгерсгаузен, совершенно не согласуются с его заключением о верхнекарбонном возрасте толщи медистых песчаников.

Фауна, также как и флора, из толщи медистых песчаников с достаточной убедительностью свидетельствует о ее нижнепермском возрасте. Причем в ней уже появляются формы, типичные для верхней перми востока Русской платформы.\*

Привлекает внимание тот факт, что, в то время как флора носит ярко выраженный западноевропейский харак-

\* Не исключена возможность, что фауна из мощной толщи медистых песчаников, собранная в различных местах ее развития, повидимому из разных горизонтов, является не совсем идентичной по возрасту.



тер, фауна имеет типичный западноуральский или восточно-русский облик, что может служить важным подспорьем при сопоставлении донецкой перми с восточнорусской и западноевропейской, а также для палеогеографических заключений.

#### УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ТОЛЩИ МЕДИСТЫХ ПЕСЧАНИКОВ

В последнее время почти все исследователи рассматривают основную часть толщи медистых песчаников как сложенную из континентальных осадков.

Е. С. Шалыт полагает, что минералогический и гранулометрический состав песчаников толщи, присутствие апатита и „в особенности характер разрушения полевых шпатов, наряду с красной окраской породы безусловного первичного происхождения, дают нам основание считать их образованиями континентального характера. Они отлагались, повидимому, в плоских озерообразных бассейнах, периодически связанных с открытым морем“ (83, стр. 97).

Л. Ф. Лунгерсгаузен высказывается еще более решительно: „Отложение толщи медистых песчаников и глин (типа Славяно-Бахмутской котловины) происходило в условиях обширной низкой равнины, прорезанной реками и покрытой озерами“ (51, стр. 155).

Н. Н. Яковлев, ранее считавший медистые песчаники морскими, в новейшей работе полагает, что „Породы толщи медистых песчаников могут считаться образованиями континентального характера. На это указывает отсутствие в песчаниках морской фауны и присутствие флоры наземных растений. В последнее время получило указание на находку прослоя с морской фауной“ (99, стр. 189). Поскольку затронутый вопрос имеет принципиальное значение, рассмотрим его несколько подробнее.

Как уже было выяснено, для пород медистой толщи характерна темнокрасная окраска; включения составляют прослой плотных глин темносерого цвета и оруденелые светло окрашенные песчаники.

Красная окраска алевролитов и тонкозернистых песчаников являлась одним из оснований принимать их за континентальные отложения, образовавшиеся в условиях сухого климата.

В. Твенхофел отмечает: „Проблемы цвета в зависимости от внешних условий затуманиваются традиционными идеями и допущениями, не основанными на достаточном числе фактов; таково, например, часто повторяемое, вполне



ошибочное утверждение, что красный цвет осадков означает сухость" (81а, стр. 681).

Большое содержание гидроокислов железа, служащих цементом зерен кварца, характерно для литторальных отложений и находится в прямой зависимости от господства химического выветривания на прилегающей суше. Гидраты окислов железа, образовавшиеся при выветривании силикатов и других минералов, переносятся в морские заливы в виде золя в присутствии защитных коллоидов гуминовых веществ. Накопление гидроокислов железа в мелководных заливах и бухтах зависит от целого ряда условий, из которых главными являются: 1) содержание железа в горных породах, слагающих прилежащую сушу, 2) количество осадков и средняя температура; 3) рельеф района и связанный с ним характер эрозии и денудации.

В толще медистых песчаников железо сконцентрировано главным образом в тонкозернистых породах (глинах, алевролитах, тонкозернистых песчаниках) в виде гидратов. Последние и сообщают этим породам красноватобурую окраску с различными оттенками. Гидроокислы железа в тонкозернистых породах являются главной составной частью цемента; содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в них достигает 12–14%.

В светло окрашенных оруденелых песчаниках содержание окислов железа несколько меньше: оно колеблется от 4 до 8%; причем значительная часть железа присутствует в виде закиси и входит в состав сидерита.

Темнокрасная окраска пород медистой толщи является первичной. Вследствие восстановления окиси железа в закись в оруденелых песчаниках темнокрасная окраска переходила в светлосерую или голубоватосерую. Восстановительные процессы отразились также на окраске прилежащих к оруденелым песчаникам тонкозернистых пород.

Вдоль контакта наблюдается исчезновение темнокрасной окраски и появление светлых тонов. Начальная стадия восстановления окиси железа в алевролитовых осадках проявляется в образовании светлых, голубоватых или зеленых пятен, слабо окрашенных карбонатами меди.

Во время накопления толщи медистых песчаников обильным источником железа являлись терригеновые породы среднего и верхнего карбона, по преимуществу аркозовые песчаники, содержащие большое количество биотита, хлорита и гидроокислов железа (70). В эпоху отложения араукаритовой толщи, несмотря на влажность климата, условия для накопления гидратов железа в заливах были неблаго-



приятны вследствие быстроты эрозии и денудации прилегающей горной местности с резким, расчлененным рельефом.

В эту эпоху отлагались более крупнозернистые породы — аркозовые песчаники, конгломераты, только временами сменявшиеся маломощными пачками известняков.

При отложении толщ медистых песчаников рельеф суши, прилегающей к Бахмутскому и другим заливам, должен был иметь иной характер. Он был сильно сглажен, и гористая местность в значительной мере превратилась в холмистую страну со сравнительно пологими склонами.

При таком рельефе явления химического выветривания должны были опережать процессы денудации и эрозии. На суше происходило накопление гидроокислов железа как конечного продукта выветривания железосодержащих силикатов, кварца и минералов, наиболее устойчивых в зоне окисления. Эти конечные продукты выветривания, богатые гидратами железа, сносились текучими водами в морские заливы, а характер рельефа окружающей местности обуславливал однородность гранулометрического состава терригеновых отложений. В этой однородной толще нет никаких следов размыва, как это предполагалось раньше на основании неверного толкования некоторых пород, считавшихся конгломератами. Эти породы, как мы убедились, являются типичными осадками морских заливов, содержащими стяжения кальцита, доломита и сидерита. Доломит в небольшом количестве вместе с кальцитом мог отлагаться в бухточках, временно терявших сообщение в более жаркие времена года. При существовавших тогда физико-географических условиях кальцит и доломит не могли образовать самостоятельных осадков: они вошли в состав терригеновых отложений. Условия для накопления гипса тоже были неблагоприятны, так как область сульфатной седиментации находится в интервале солености 12 — 25%, т. е. значительно превышающей нормальную соленость морской воды. \* Гипс, целестин, а также барит лишь изредка встречаются среди пород рассматриваемой толщи.

Если бы полностью отсутствовали следы морской жизни в толще медистых песчаников, то все же подробно охарактеризованный нами литологический состав ее пород в достаточной мере свидетельствовал бы о морском ее происхождении.

---

\* Подробнее мы рассмотрим этот вопрос при обзоре физико-химических условий образования пород известняково-доломитовой толщи.



ошибочное утверждение, что красный цвет осадков означает сухость" (81а, стр. 681).

Большое содержание гидроокислов железа, служащих цементом зерен кварца, характерно для литторальных отложений и находится в прямой зависимости от господства химического выветривания на прилегающей суше. Гидраты окислов железа, образовавшиеся при выветривании силикатов и других минералов, переносятся в морские заливы в виде золя в присутствии защитных коллоидов гуминовых веществ. Накопление гидроокислов железа в мелководных заливах и бухтах зависит от целого ряда условий, из которых главными являются: 1) содержание железа в горных породах, слагающих прилежащую сушу, 2) количество осадков и средняя температура; 3) рельеф района и связанный с ним характер эрозии и денудации.

В толще медистых песчаников железо сконцентрировано главным образом в тонкозернистых породах (глинах, алевролитах, тонкозернистых песчаниках) в виде гидратов. Последние и сообщают этим породам красноватобурю окраску с различными оттенками. Гидроокислы железа в тонкозернистых породах являются главной составной частью цемента; содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в них достигает 12–14%.

В светло окрашенных оруденелых песчаниках содержание окислов железа несколько меньше: оно колеблется от 4 до 8%; причем значительная часть железа присутствует в виде закиси и входит в состав сидерита.

Темнокрасная окраска пород медистой толщи является первичной. Вследствие восстановления окиси железа в закись в оруденелых песчаниках темнокрасная окраска переходила в светлосерую или голубоватосерую. Восстановительные процессы отразились также на окраске прилежащих к оруденелым песчаникам тонкозернистых пород.

Вдоль контакта наблюдается исчезновение темнокрасной окраски и появление светлых тонов. Начальная стадия восстановления окиси железа в алевролитовых осадках проявляется в образовании светлых, голубоватых или зеленоватых пятен, слабо окрашенных карбонатами меди.

Во время накопления толщи медистых песчаников обильным источником железа являлись терригенные породы среднего и верхнего карбона, по преимуществу аркозовые песчаники, содержащие большое количество биотита, хлорита и гидроокислов железа (70). В эпоху отложения араукаритовой толщи, несмотря на влажность климата, условия для накопления гидратов железа в заливах были неблаго-



приятны вследствие быстроты эрозии и денудации прилегающей горной местности с резким, расчлененным рельефом.

В эту эпоху отлагались более крупнозернистые породы — аркозовые песчаники, конгломераты, только временами сменявшиеся малоомощными пачками известняков.

При отложении толщи медистых песчаников рельеф суши, прилегающей к Бахмутскому и другим заливам, должен был иметь иной характер. Он был сильно сглажен, и гористая местность в значительной мере превратилась в холмистую страну со сравнительно пологими склонами.

При таком рельефе явления химического выветривания должны были опережать процессы денудации и эрозии. На суше происходило накопление гидроокислов железа как конечного продукта выветривания железосодержащих силикатов, кварца и минералов, наиболее устойчивых в зоне окисления. Эти конечные продукты выветривания, богатые гидратами железа, сносились текучими водами в морские заливы, а характер рельефа окружающей местности обуславливал однородность гранулометрического состава терригеновых отложений. В этой однородной толще нет никаких следов размыва, как это предполагалось раньше на основании неверного толкования некоторых пород, считавшихся конгломератами. Эти породы, как мы убедились, являются типичными осадками морских заливов, содержащими стяжения кальцита, доломита и сидерита. Доломит в небольшом количестве вместе с кальцитом мог отлагаться в бухточках, временно терявших сообщение в более жаркие времена года. При существовавших тогда физико-географических условиях кальцит и доломит не могли образовать самостоятельных осадков: они вошли в состав терригеновых отложений. Условия для накопления гипса тоже были неблагоприятны, так как область сульфатной седиментации находится в интервале солености 12—25%, т. е. значительно превышающей нормальную соленость морской воды.\* Гипс, целестин, а также барит лишь изредка встречаются среди пород рассматриваемой толщи.

Если бы полностью отсутствовали следы морской жизни в толще медистых песчаников, то все же подробно охарактеризованный нами литологический состав ее пород в достаточной мере свидетельствовал бы о морском ее происхождении.

---

\* Подробнее мы рассмотрим этот вопрос при обзоре физико-химических условий образования пород известняково-доломитовой толщи.



Но в настоящее время, как указывалось, известна сравнительно многочисленная фауна, собранная среди типичных для медистой толщи пород из различных мест ее развития. Приведенный выше полный список фауны включает 24 исключительно морские формы, характерные для фаций слабо опресненных мелководных бассейнов (заливов).

Итак, выводы, основанные на анализе литологического состава и фауны, вполне гармонируют между собой. Что касается наличия среди медистых песчаников прослоев, содержащих наземную флору, то вряд ли это явление требует особого разъяснения. Ко времени накопления толщи медистых песчаников вдоль берегов Бахмутского и других заливов успели образоваться аллювиальные, полого понижающиеся равнины, покрытые еще весьма обильной растительностью. Последняя, естественно, сносилась водными потоками в эти заливы, где и погребалась накапливавшимися осадками.

Мнение Е. С. Шалыт, что в толще медистых песчаников „породы континентального характера составляют около 1180 м, или 99% всей толщи“, как и утверждение, что „по материалам разведочных работ мы проследили 10 слоев, содержащих конгломераты, т. е. можно говорить о наличии не менее 10 циклов, начинавшихся небольшими размывами и отложением конгломератов“ (83, стр. 102), как мы уже показали, является результатом ошибочной трактовки фактического материала.

*Вся мощная толща медистых песчаников, весьма однородная по составу, накопилась в мелководных морских заливах, дно которых испытывало непрерывное погружение.*

Рассмотрим теперь в основных чертах геологическую историю северо-западной части Донецкого кряжа в конце карбона и начале перми, ограничиваясь наиболее изученной Бахмутской котловиной.

Начало образования Бахмутской котловины относится к концу каменноугольного периода. Ко времени отложений араукаритовой толщи заканчивалась фаза герцинского диастрофизма, создавшая основу Донецкого кряжа. В араукаритовую эпоху происходил интенсивный процесс разрушения и денудации окружающих высот. Продукты денудации сносились потоками, часто бурными, в широкий залив, к тому времени уже образовавшийся, а теперь представленный Бахмутской котловиной.



Этот залив в эпоху отложения араукаритовой толщи был открыт к палеозойскому морю. В связи с поднятием основной части палеозойской геосинклинали происходило медленное опускание дна залива, сопровождавшееся осциллярными колебаниями. Вследствие этого Бахмутская котловина то поднималась над уровнем моря, то вновь покрывалась его водами. Диапазон этих колебательных движений был очень ограничен, и в араукаритовой толще, хотя мы и наблюдаем здесь литторальные морские осадки с типичной для них фауной, преобладающими отложениями все же были континентальные.

Морские отложения араукаритовой толщи представлены, как мы указывали, пластами известняка и тонкими глинистыми сланцами малой мощности. Присутствие в континентальных осадках конгломератов, гравия, грубозернистых песчаников свидетельствует об интенсивности размыва окружающих высот.

Характерной особенностью араукаритовой толщи является наличие в ней большого количества растительных остатков — крупных обломков древесины и мелких частей растений. Вероятно, окружающие возвышенности и берега залива в континентальные эпохи были покрыты богатой растительностью. Но условия для накопления растительного материала, для образования торфяников были неблагоприятны, и в араукаритовой толще мы не встречаем пластов ископаемых углей; здесь имеются только небольшие прослойки сажистого угля.

За время отложения медистой толщи физико-географические условия испытали некоторые изменения. Район, прилегающий к Бахмутскому заливу, был в значительной степени денудирован, и страна приобрела холмистый характер. Вдоль берегов залива образовались полого понижающиеся равнины, по которым спускались потоки с медленным течением и сравнительно устойчивым профилем падения. В продолжение всей эпохи медистых песчаников Бахмутская котловина не поднималась выше уровня моря.

Прогибание северо-западной части геосинклинали продолжалось, на что указывает огромная мощность толщи медистых песчаников, но оно имело спокойный характер и не чередовалось со значительными поднятиями. Имели место только небольшие перемещения береговой линии заливов, образование отмелей, временных островов.

Климат во время образования толщи медистых песчаников отличался еще гумидностью. Об этом свидетельствуют породы толщи, содержащие значительное количество



органических веществ растительного происхождения. Они находятся в виде рассеянных частиц и в виде обломков лигнитизированной древесины, которая сносилась в заливы с окружающей суши.

*Толща медистых песчаников Бахмутской котловины представляет по происхождению морские осадки, спокойно отлагавшиеся на дне обширного мелководного залива, имевшего несколько ограниченное сообщение с открытым морем.*

Об ограниченном сообщении залива с морем свидетельствует и состав находимых в его отложениях палеонтологических остатков.

В условиях достаточно влажного климата, благодаря притоку пресной воды с суши, вода в заливе должна была иметь пониженную соленость.

В работе Л. Ф. Лунгерсгаузена по палеогеографии Днепровско-Донецкой геосинклинали в верхнепалеозойское и мезозойское время (5) предпринята весьма интересная попытка восстановления физико-географических условий в эпохи отложения толщ араукаритовой и медистых песчаников. Некоторые основные положения и построения автора вызывают сомнения.

Так, по Л. Ф. Лунгерсгаузену, медные руды исключительно сингенетически связаны со светлыми песчаниками и отсутствуют в красноцветных породах. Это утверждение является фактически неправильным. Сульфиды меди распространены как в красных алевролитах и глинах, так и в светлых песчаниках. Эти оруденелые породы отличаются только по степени концентрации меди и по морфологическим особенностям выделений ее сульфидов. При этом Л. Ф. Лунгерсгаузен считает, что светлая окраска оруденелых песчаников является первичной и что они образовались в восстановительной среде в более влажные периоды. Никаких доказательств в пользу существования такой восстановительной среды не приводится. Как далее будет выяснено, седиментация медистых песчаников происходила в условиях окислительной среды при отсутствии сероводорода.

Отметим лишь, что при достаточном притоке пресной воды содержание свободного кислорода в мелководном бассейне повышается, благодаря чему условия для возникновения восстановительной среды становятся неблагоприятными.

Водная хлорофильная растительность образует окислительную среду, и на дне мелководных бассейнов почти



не происходит восстановления окиси железа в закись. Первичный сидерит почти не встречается в бурых железняках, генетически представляющих биохимические отложения озер, лагун или полузамкнутых заливов. Закисное железо в них обычно содержится в виде вивианита, относительное содержание которого в бурых железняках ничтожно. Сидерит давно известен в торфяниках, где он образуется в стадии диагенеза, но болотные отложения в толще медистых песчаников отсутствуют.

Л. Ф. Лунгерсгаузен присоединяется к мнению Е. С. Шалыт об одновременном сингенетическом осаждении сидерита и пирита, что невозможно с физико-химической точки зрения.

Пирит широко распространен в красноцветных алевролитовых породах, в меньшем количестве он сопутствует сульфидам меди и представляет, несомненно, эпигенетическое образование.

Согласно Л. Ф. Лунгерсгаузену, красноцветные породы, глины и алевролиты отлагались в более сухие периоды; повидимому, под периодами следует понимать сезонные колебания в количестве атмосферных осадков. При этом автор рассматривает всю толщу медистых песчаников как отложения „плоской низкой аллювиальной равнины (типа дельты), периодически затопляемой водами целой системы бороздящих ее рек, ручьев и притоков, выходящих в известное время года из берегов и образующих сплошную водную скатерть, покрывающую поверхность низменной равнины“ (стр. 152).

Трудно допустить, чтобы в таких условиях могли образоваться совершенно однородные мощные толщи красноцветных пород без признаков размыва, очень богатые гидратами железа.

Вопреки мнению Л. Ф. Лунгерсгаузена, влажный климат при достаточном богатстве растительности должен способствовать миграции гидрата железа в виде золя в присутствии защитных гуминовых коллоидов и накоплению его в отложениях.

Л. Ф. Лунгерсгаузен при анализе физико-географических условий, существовавших во время отложения толщ араукаритовой и медистых песчаников, в значительной степени исходит из предпосылки, что осадки, входящие в состав этих толщ, не подверглись существенному изменению. Но на самом деле, как мы могли видеть, в этих толщах, особенно во всей толще медистых песчаников в стадии диагенеза, катагенеза и гипергенеза происходили сложные



физико-химические процессы, которые изменяли первоначальную окраску пород и их химико-минералогический состав.

Происхождение медных руд в медистых песчаниках Донецкого бассейна — вопрос, который выяснялся многими авторами. Достоин удивления, что одни и те же факты приводят различных исследователей к разным, часто совершенно противоположным, выводам. Это объясняется не недостатком материала, а тем, что проявления оруденения большей частью рассматриваются изолированно, вне всего круга геологических явлений в их историческом аспекте. Укажем лишь основные взгляды на генезис и источник меди в толще медистых песчаников.

По Н. Н. Яковлеву, месторождения меди возникли сингенетически в бухтах, вследствие осаждения меди сероводородом.\* Что касается источника меди, то „в пермском периоде, или приблизительно около этого, известны месторождения меди в изверженных породах, которые и могли быть источником меди“ (95, стр. 49).

И. И. Танатар (80) считает, что „можно сделать такое предположение о генезисе медистых песчаников и руд, в них заключенных: отложение их шло в прибрежноморских болотах, иногда затоплявшихся морем на более или менее продолжительное время. Гниющие растительные остатки в болоте восстанавливали сернокислую медь, приносившуюся с суши, до сернистой меди (медного блеска), которая оседала тут же на растениях“ (стр. 283). Причем „материнской породой медных руд Бахмутской котловины являлись граниты южной полосы, если не из окрестностей Волновахи, судя по данным Гурова, то из окрестностей Кривого Рога и Никополя“ (стр. 289).

В позднейшей работе тот же автор весьма неопределенно указывает на связь медистых песчаников с оруденением Нагольного кряжа (81).

Я. В. Самойлов (72), как широко известно, считал, что в пермский период происходило накопление меди благодаря жизнедеятельности организмов, содержавших в крови медь (гемоцианин). А. Д. Архангельский, Е. В. Рожкова и Н. В. Соловьев (2, 3) пришли к заключению, что гипотеза Я. В. Самойлова не дает возможности объяснить значительной концентрации меди, наблюдающейся в медистых

\* Впоследствии Н. Н. Яковлев отказался от этого взгляда, признав континентальное происхождение толщ медистых песчаников (99).



песчаниках. Кроме того, как указывает А. П. Виноградов, разнообразные данные позволяют заключить, что химический состав древних организмов в основных чертах совпадал в пределах определенных групп родов, классов с составом современных организмов из тех же или близких к ним родов, классов (13).

Некоторые исследователи — Т. Ю. Лапчик, И. М. Мионов и др. (42, 58, 59, 62, 68) — выдвинули гидротермальную гипотезу происхождения медных руд Донбасса.\*

Е. С. Шалыт пишет: „О генезисе медных руд в медистых песчаниках Донбасса существует ряд гипотез. Некоторые из них в настоящее время уже утратили свое значение, другие не подтвердились дальнейшими работами“ (83, стр. 102 — 103).

Согласно тому же автору, „наиболее подходящей обстановкой для образования медных руд послужили прибрежные озера или, скорее всего, прибрежные болота, затоплявшиеся морем“ (стр. 109), где среда имела восстановительный характер. Причем „вопрос об источнике меди можно теперь считать разрешенным... Обнаруженные же недавно месторождения медных руд в районе Азовского кристаллического массива (с. Малая Янисоль и др.) представляют собой те коренные месторождения, при разрушении которых происходило обогащение вод, текущих с юга, растворами сернистой меди. Эти месторождения и явились основным источником меди для медистых песчаников Донецкого бассейна, подобно тому как источником меди в пермских отложениях Приуралья служили коренные месторождения Урала“ (стр. 109).

По существу, взгляды Е. С. Шалыт и И. И. Танатара (80) полностью совпадают.

Попытаемся хотя бы в общих чертах осветить этот интересный, но в значительной степени запутанный вопрос.

Медистые песчаники представляют частный, но один из наиболее распространенных случаев концентрации некоторых цветных и других металлов в осадочных горных породах. Во многих местах известны месторождения серебра, отчасти золота и других элементов, приуроченных к пес-

\* В новейшей статье Т. Ю. Лапчик пишет: „Сингенетичними утвореннями сульфідних сполук міді та заліза в пісковиках, імовірно, являлись колоїдальні утворення, що випадали з водного розчину, в відновному середовищі пермського басейну“ (46, стр. 45. Подчеркнуто нами — К. С.-З. и И. Л.). Тем самым автор отказывается от ранее высказанных им взглядов и приближается к точке зрения Н. Н. Яковлева (95).



чаникам и глинистым породам различного возраста, представляющим отложения мелководных бассейнов морского происхождения.

Все эти месторождения обнаруживают сходные генетические особенности. Они непосредственно не связаны с магматическими породами и гидротермальными растворами. Рудные минералы в них находятся совместно с остатками растений. Концентрация рудных минералов приурочена главным образом к слоистым песчаникам, являющимся образованием мелководных фаций. Фауна, как правило, среди этих осадков отсутствует. Характерно, что в этих месторождениях всегда содержится в большем или меньшем количестве медь в виде халькозина или продуктов его окисления.

Фациальные условия отложения медистых песчаников в Бахмутской котловине были весьма близки к вышеуказанным.

Очевидно, что состав минералов, отлагавшихся в водном бассейне, находится в прямой зависимости от химического состава водного раствора. Поэтому остановимся кратко на существенных особенностях геохимии Cu, Zn и Pb. Распространенность этих элементов в земной коре выражается следующими кларками по данным на 1937 год: Cu—0,01; Zn— $4 \cdot 10^{-3}$ ; Pb— $1,6 \cdot 10^{-3}$ . В гипогенных рудных месторождениях эти элементы часто находятся совместно; в полиметаллических месторождениях мы находим медь, свинец и цинк в различных относительных количествах; в серебро-свинцово-цинковых месторождениях почти всегда присутствует некоторое количество меди.

В гипергенной зоне судьба этих элементов различна. В океанической воде процент содержания меди и цинка, по новейшим данным С. В. Бруевича (12а), выражается следующими числами: Cu— $1 \cdot 10^{-6}$  и Zn— $6 \cdot 10^{-7}$ .

Таким образом, содержание этих двух элементов в морской воде совершенно не соответствует их распространенности в земной коре.

Главная форма миграции меди и цинка на континентах совершается в виде их сульфатов—соединений, очень легко растворимых и химически устойчивых. По подсчитанному Гольдшмидтом балансу некоторых элементов в морской воде, медь вносится в океаны в количестве, в два с половиной раза превышающем количество цинка.

Возникает вопрос: какими процессами можно объяснить более низкое содержание меди в океанической воде по сравнению с цинком? Учитывая чрезвычайно малую кон-



центрацию меди в морской воде и присутствие свободного кислорода в придонном слое, нельзя предполагать, что в океанах медь отлагалась в виде химических осадков. Мы не находим объяснения этому явлению и в физиологических процессах некоторых морских организмов, в кровь которых медь входит как составная часть гемоцианина. Эта мысль отпадает, так как морские организмы, в известной степени концентрирующие медь, имеют незначительное распространение и их жизнедеятельность не влияет на состав морской воды.

Единственно возможным допущением остается адсорбция меди тонкодисперсными илистыми осадками, содержащими органические вещества. В породах, представляющих эти осадки, содержание меди значительно выше, чем в морской воде, однако оно часто выражается сотыми долями процента и обычно не превышает 0,03—0,04%.

Отсюда мы можем заключить, что концентрация меди в осадочных породах с образованием ее рудных месторождений может происходить при сочетании особых, благоприятных условий, сравнительно редко наблюдаемых в природе.

В зоне гипергенеза в осадочных породах геохимическая история меди, свинца и цинка оказывается различной. Цинк обычно рассеивается и задерживается лишь в известняках в виде смитсонита или каламина; большая часть цинка выносится в море.

Миграция свинца в гипергенной зоне совершается, по-видимому, в форме бикарбоната. В отличие от цинка большая часть свинца задерживается в осадочных породах, где он находится в тонко рассеянном виде, редко образуя значительные скопления.\*

Медь концентрируется в осадочных породах главным образом в виде халькозина и в незначительном количестве встречается в виде первичного малахита или азурита в карбонатных породах; все другие формы фиксации меди в виде ванадатов, арсениатов, силикатов имеют в природе второстепенное значение. Медь обладает характерным для нее свойством легко адсорбироваться гелями минерального и, должно быть, растительного происхождения. При наличии гелей в морских осадках весьма возможно значительное поглощение меди. Если мы имеем толщу пород, содержащих свинец, медь и цинк, то наиболее обогащенными медью оказываются тонкодисперсные породы, богатые битумами.

---

\* Здесь не приняты во внимание крупные месторождения свинца и цинка долины р. Миссисипи, генезис которых является спорным.



В свите медистых сланцев Мансфельда установлено, что медь преобладает в сильно битуминозных, а свинец и цинк в слабо битуминозных пластах (7).

В толще медистых песчаников Донецкого бассейна в ничтожном количестве обнаружено присутствие цинка и свинца. В урочище Ямки, в нижнем горизонте медистой толщи, вблизи контакта с араукаритовыми отложениями залегает оруденелая темносерая глина, содержащая много растительных остатков с непостоянным количеством  $\text{Cu}$ , которое колеблется от 1,5 до сотых долей процента. Наряду с медью в глине было установлено присутствие  $\text{Pb}$  — от следов до 0,12% и  $\text{Zn}$  — 0,16–0,39% (68). Оруденение не ограничивается толщиной медистых песчаников, а проявляется в очень слабой степени и в выше залегающей известняково-доломитовой толще — в ее нижних горизонтах.

И. М. Мироновым (58) было обнаружено в долине р. Кодемы в доломитизированных известняках, согласно налегающих на буроватокрасные глины медистой толщи, присутствие галенита на плоскостях напластования. При этом И. М. Миронов указывает, что буроватокрасная окраска глины в контакте с доломитизированным известняком переходит в серую или желтоватосерую, как это имеет место и в толще медистых песчаников при оруденении.

Слабое полиметаллическое оруденение низов известняково-доломитовой толщи наблюдается во многих местах Бахмутской котловины. Первичные рудные минералы в них представлены галенитом, сфалеритом, халькопиритом и халькозином; их обыкновенно сопровождает пирит, а в качестве продуктов их окисления — церуссит, смитсонит, малахит, медная зелень и синь, лимонит. Отложения рудных минералов сосредоточиваются по плоскостям напластования, в небольших пустотах. Распределение оруденения в доломитах отличается неравномерностью и зависит от пористости породы.

В зависимости от условий кристаллизации изменяется форма выделения сульфидов, что особенно характерно для галенита; в небольших пустотах на стенках трещин он представлен небольшими, хорошо образованными кристаллами; по плоскостям напластования галенит встречается в виде зерен или мелких частиц. Сфалерит чаще всего образует небольшие зерна, иногда содержит включения халькопирита. При окислении сфалерита отложились смитсонит и лимонит.

Пирит рассеян мелкими зернами, но при обилии органических веществ, — например, в мшанковых рифах, в ниж-



ней части известняково-доломитовой толщи (рис. 5), содержащих неправильные пятна ангидрита, — он образует сравнительно крупные выделения в ассоциации карбонатов меди — медной зелени, землистого малахита.

В местах оруденения доломит имеет крупнозернистую текстуру, связанную с перекристаллизацией. Незначительное содержание свинца и цинка наблюдается и в волокнистом гипсе.

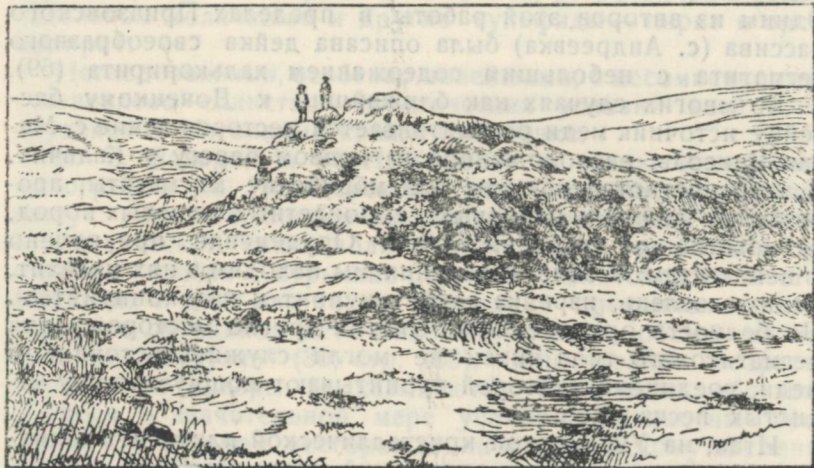


Рис. 5. Мшанковый риф в низах известняково-доломитовой толщи, восточнее с. Покровского. (Рисунок по фотографии).

Все это с несомненностью указывает на эпигенетическое образование сульфидов свинца, меди и цинка в доломитах. В геологическом отношении они являются одновременными с оруденением песчаников. Поэтому надо предполагать, что источник этих металлов был один и тот же. Но в то время, когда свинец и цинк осаждались в доломитах, медь концентрировалась в песчаных отложениях медистой толщи.

Попытаемся теперь выяснить возможный первоисточник меди, свинца и цинка, встречаемых в виде рудных минералов в толще медистых песчаников и в нижних горизонтах известняково-доломитовой толщи донецкой перми. При этом следует иметь в виду, что в осадочных породах эти металлы присутствуют не в тех количественных соотношениях, как в первичных сульфидных месторождениях.



В свите медистых сланцев Мансфельда установлено, что медь преобладает в сильно битуминозных, а свинец и цинк в слабо битуминозных пластах (7).

В толще медистых песчаников Донецкого бассейна в ничтожном количестве обнаружено присутствие цинка и свинца. В урочище Ямки, в нижнем горизонте медистой толщи, вблизи контакта с араукаритовыми отложениями залегает оруденелая темносерая глина, содержащая много растительных остатков с непостоянным количеством  $\text{Cu}$ , которое колеблется от 1,5 до сотых долей процента. Наряду с медью в глине было установлено присутствие  $\text{Pb}$  — от следов до 0,12% и  $\text{Zn}$  — 0,16–0,39% (68). Оруденение не ограничивается толщей медистых песчаников, а проявляется в очень слабой степени и в выше залегающей известняково-доломитовой толще — в ее нижних горизонтах.

И. М. Мироновым (58) было обнаружено в долине р. Кодемы в доломитизированных известняках, согласно налегающих на буроватокрасные глины медистой толщи, присутствие галенита на плоскостях напластования. При этом И. М. Миронов указывает, что буроватокрасная окраска глины в контакте с доломитизированным известняком переходит в серую или желтоватосерую, как это имеет место и в толще медистых песчаников при оруденении.

Слабое полиметаллическое оруденение низов известняково-доломитовой толщи наблюдается во многих местах Бахмутской котловины. Первичные рудные минералы в них представлены галенитом, сфалеритом, халькопиритом и халькозином; их обыкновенно сопровождает пирит, а в качестве продуктов их окисления — церуссит, смитсонит, малахит, медная зелень и синь, лимонит. Отложения рудных минералов сосредоточиваются по плоскостям напластования, в небольших пустотах. Распределение оруденения в доломитах отличается неравномерностью и зависит от пористости породы.

В зависимости от условий кристаллизации изменяется форма выделения сульфидов, что особенно характерно для галенита; в небольших пустотах на стенках трещин он представлен небольшими, хорошо образованными кристаллами; по плоскостям напластования галенит встречается в виде зерен или мелких частиц. Сфалерит чаще всего образует небольшие зерна, иногда содержит включения халькопирита. При окислении сфалерита отложились смитсонит и лимонит.

Пирит рассеян мелкими зернами, но при обилии органических веществ, — например, в мшанковых рифах, в ниж-



ней части известняково-доломитовой толщи (рис. 5), содержащих неправильные пятна ангидрита, — он образует сравнительно крупные выделения в ассоциации карбонатов меди — медной зелени, землистого малахита.

В местах оруденения доломит имеет крупнозернистую текстуру, связанную с перекристаллизацией. Незначительное содержание свинца и цинка наблюдается и в волокнистом гипсе.

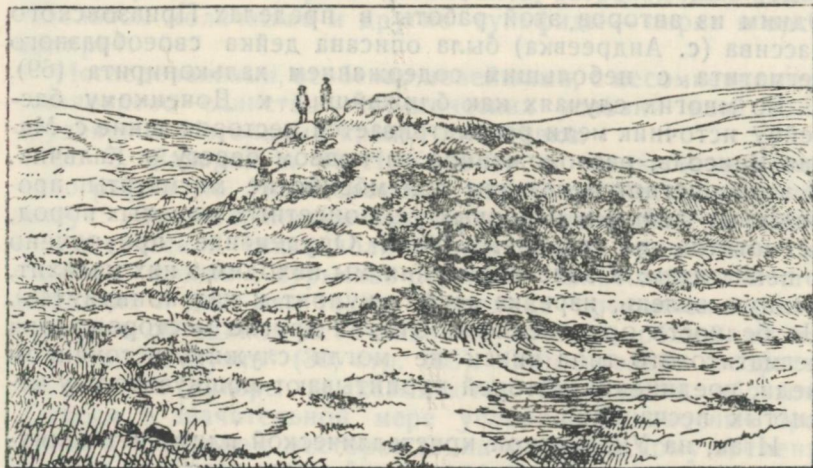


Рис. 5. Мшанковый риф в низах известняково-доломитовой толщи, восточнее с. Покровского. (Рисунок по фотографии).

Все это с несомненностью указывает на эпигенетическое образование сульфидов свинца, меди и цинка в доломитах. В геологическом отношении они являются одновременными с оруденением песчаников. Поэтому надо предполагать, что источник этих металлов был один и тот же. Но в то время, когда свинец и цинк осаждались в доломитах, медь концентрировалась в песчаных отложениях медистой толщи.

Попытаемся теперь выяснить возможный первоисточник меди, свинца и цинка, встречаемых в виде рудных минералов в толще медистых песчаников и в нижних горизонтах известняково-доломитовой толщи донецкой перми. При этом следует иметь в виду, что в осадочных породах эти металлы присутствуют не в тех количественных соотношениях, как в первичных сульфидных месторождениях.



Относительно первоисточника меди, как мы уже видели, существуют различные предположения. Большинство исследователей весьма неопределенно указывают, что изверженные породы Украинской кристаллической плиты служат этим источником. На Украинской кристаллической плите нам известны в настоящее время лишь незначительные месторождения халькопирита в пегматитах, имеющие исключительно минералогическое значение. Например, пегматиты, содержащие следы меди, встречаются в Кривом Роге. Одним из авторов этой работы в пределах Приазовского массива (с. Андреевка) была описана дейка своеобразного пегматита с небольшим содержанием халькопирита (69).

Во многих случаях как ближайший к Донецкому бассейну источник меди рассматривается месторождение с. Малая Янисоль, расположенное на правом берегу р. Кальчик. В этой местности развиты докембрийские мигматиты, прорезанные дейками основных темноцветных жильных пород, пегматитов и кварцевых жил. Оруденение приурочено к пегматитам; в зоне окисления мы находим в них малахит, медную зелень, изредка азурит, куприт и халькопирит (45). По бедности оруденения ни это; ни другие месторождения пегматитового типа никак не могли служить источником меди, соединения которой пропитывают мощную толщу медистых песчаников.

Итак, на Украинской кристаллической плите нет каких-либо значительных месторождений меди; если они и существовали в докембрии, то были денудированы в течение громадного континентального отрезка времени до начала верхнего девона. Даже если допустить возможность существования на Украинской кристаллической плите крупных месторождений меди, доступных эрозии в конце карбона—начале перми, то в условиях высокогорного рельефа Донецкого края того времени медь никак не могла бы попасть в заливы его северо-западной периферии.

Здесь уместно напомнить, что еще А. В. Гуров в работе, опубликованной в 1882 г., указал: „Кристаллические породы южной полосы (по Волновахам и Волчьей) далеко отстоят от пунктов проявления бахмутских медистых песчаников, и вообще они содержат ничтожные признаки медных руд, почему и не могли служить источником, доставлявшим медные соединения в Бахмутский бассейн“ (18, стр. 208).

Теперь есть много оснований предполагать, что источником цветных металлов в медистой толще являются сульфидные полиметаллические месторождения. В Донском крае известна зона оруденения свыше 100 км длиной,



приуроченная к каменноугольным отложениям северного крыла Главной антиклинали. Область развития пермских медистых песчаников непосредственно примыкает к этой зоне.

В восточной части оруденелой зоны, в Нагольном кряже находится полиметаллическое месторождение разнообразного минералогического состава, а на ее северо-западном конце — Никитовское месторождение ртути, в котором, кроме киновари и антимонита, встречаются в незначительном количестве и другие сульфиды — пирит и арсенипирит.

Исследованиями, особенно новейшими, с несомненностью установлено единство геологических условий всей зоны оруденения Нагольный кряж — Никитовка.

Е. Е. Захаров и Н. Н. Королев в заключении своей монографии по Никитовскому ртутному месторождению пишут: „Всё изложенное подтверждает высказанную мысль о генетической связи полиметаллического оруденения Нагольного кряжа с сурьмяно-ртутным Никитовского месторождения и дает нам также основание предположительно говорить об едином источнике оруденения общей магматической интрузии“ (30, стр. 105). Относительно возраста оруденения авторы высказываются следующим образом: „Относя, в значительной мере условно, рудоносные процессы в изученном месторождении к пфальцскому времени, мы одновременно считаем и не исключенным более молодой возраст оруденения“ (стр. 107). Определение возраста оруденения в данном случае, как и в большинстве других работ, отличается крайней нечеткостью.

По А. Л. Додину, „ряд косвенных данных также позволяет выдвигать предположение о молодом альпийском возрасте оруденения Донбасса“, что подкрепляется следующими аргументами:

1. Г. Д. Романовский нашел у дачи Иловайских (при впадении р. Крынки в Миус) среди третичных глин, прикрывающих третичные известняки, два куса свинцового блеска, покрытых коркой свинцовой охры (т. е. явно перетолженных — К. С.-З. и И. Л.). Романовский отмечает, что эту находку нельзя трактовать как естественное перемещение обломков из рудоносной полосы Нагольного кряжа, на расстояние 50 км.

2. В Савских Альпах (Каринтия) среди каменноугольных отложений расположены полиметаллические месторождения (ныне разрабатываются), чрезвычайно сходные с месторождениями Нагольного кряжа третичного возраста.



3. Возраст большинства известных ртутных месторождений – альпийский“ (21, стр. 761–762). Такой способ определения возраста оруденения нельзя признать убедительным.

Д. Н. Соболев считает, что „оруденение главного поля (Донбасса — К. С.-З. и И. Л.) произошло до наступления пермского периода“ (75, стр. 16), а медистые песчаники содержат „вкрапленные медные руды, образовавшиеся путем переработки герцинских рудных жил“ (стр. 17).

А. А. Якжин, детально изучавший металлогению Нагольного кряжа, указывает на „орогенические процессы, происходившие в конце нижней и в верхней перми и отвечающие пфальцской фазе, в течение которой в основном и сформировалась складчатая структура Нагольного кряжа“ (85, стр. 32).

Трудность решения затронутого вопроса обусловлена скудностью материала. Тем не менее анализ и сопоставление фактов дают возможность прийти к однозначному и, как нам думается, бесспорному заключению.

Оруденения рассматриваемой зоны Донецкого кряжа приурочены к сильно нарушенным дизъюнктивными дислокациями брахиантиклинальным складкам северного крыла Главной антиклинали, известным под названием куполов, с характерным для антиклинали субширотным простираанием оси. Рудные проявления сосредоточены в верхах нижнего и в низах среднего карбона (6, 30, 36, 71, 85).

Следует отметить, что некоторые дизъюнктивные нарушения являются послерудными; так, например, на участке Новый купол Никитовского месторождения северо-восточным безрудным разломом обрезаны рудоносные поперечные разломы (30). В Нагольном кряже констатированы такие же явления (6, 36, 85).

Возникает вопрос: с какой фазой складчатости Донецкого кряжа генетически связано рассматриваемое оруденение?

В настоящее время можно считать установленным, что все значительные нарушения, в том числе и безрудные (секущие рудные разломы), уходят под осадки самой верхней части карбона. С. И. Евсеева, производившая детальные исследования в области развития донецкого верхнего палеозоя, констатирует: „Известные в верхах карбона крупные разрывы, секущие складчатые структуры Донбасса, затухают обычно в низах араукаритовой свиты, и в пределах вышележащих свит имеются только небольшие нарушения (в медистых песчаниках у хут. Пилипчатого, в гипсодоломитовой толще на р. Каменка и др.)“ (25, стр. 215).

Следовательно, оруденение имело место до отложения всей араукаритовой толщи и связано с главной



фазой герцинского горообразования, имевшей место в Донецком кряже, как нами уже указывалось, до конца верхнего карбона.

Вопрос о магматическом очаге оруденения в достаточной мере еще не разработан.

Согласно геофизическим исследованиям, в зоне оруденения, на глубине 2—3 км от современной поверхности, находятся плотные кристаллические породы, представляющие громадный интрузивный массив с неровной поверхностью. В районе Нагольной Тарасовки максимальная глубина залегания интрузий исчисляется в 1,7 км, а в Никитовке, где она, по видимому, наибольшая — 2,5—3,0 км (22). С этим массивом, должно быть, и связаны дейки, известные среди каменноугольных отложений, представленные кислыми и основными изверженными породами, являющиеся, по всей вероятности, дериватами грано-диоритовой магмы.

Всё это дает основания предполагать, что проявления полиметаллического оруденения Донецкого бассейна генетически обусловлены интрузией именно грано-диоритовой магмы при поднятии осевой части геосинклинали в отмеченную фазу герцинского горообразования.

*Рудные месторождения северного крыла Главной антиклинали, как это следует из рассмотренного здесь материала, в нижнепермское время уже подвергались выветриванию и денудации, а продукты их разрушения сместились в прилежащие бухтообразные заливы.*

Теперь остается выяснить, мог ли вещественный состав этих месторождений служить достаточным источником меди для оруденения толщи медистых песчаников и как происходил самый процесс оруденения.

В Нагольном кряже, согласно А. А. Якжину, металлоносные растворы, из которых образованы рудные жилы, были сложными. В соответствии с парагенетическими ассоциациями минералов, а также данными их химических и спектральных анализов, в состав растворов входили такие элементы (85):

H, O, Si, Ca, Mg, Fe, Zn, Pb, Sb, S — главные;

Cu, Al, As, Ag, Au — широко распространенные;

Mn, Ti, Ga, Cd, Co, K, Na — слабо распространенные;

Be, Sr, Li, Ge, In, Zr, Cr	} исключительно слабо
Ni, V, Mo, Sn, Bi, Hg	



В Нагольном кряже медь встречается в виде различных сульфосолей. Она входит в состав бурнонита, распространенного в рудных жилах Есауловского месторождения, халькопирита из Нагольно-Тарасовского месторождения, тетраэдрита — широко распространенного в этом месторождении (6, 37, 85).

Содержание меди в месторождении Нагольного кряжа и, вероятно, во второстепенных месторождениях полиметаллического типа Донецкого бассейна было относительно невелико. Но климатические условия для концентрации меди в зоне сульфидного обогащения в эпоху отложения медистых песчаников и начала известняково-доломитовой были особенно благоприятны. Эти условия, как мы увидим, характеризовались постепенным наступлением более сухого, но тоже теплого климата, с чередованием годовых сезонов с различным количеством осадков. Подчиненное количество известняков в отложениях среднего и верхнего карбона в Донецком бассейне способствовало развитию зоны вторичного обогащения.

В гипергенной зоне миграция меди осуществляется преимущественно в виде ее сульфата; миграция меди в виде бикарбоната имеет ограниченное значение. В карбонатных породах возможно выпадение первичных карбонатов меди, но в присутствии органических веществ медь и в этих породах обыкновенно осаждается в виде ее сульфидов, например, в доломитах известняково-доломитовой толщи, в которых  $\text{Cu}$ ,  $\text{Pb}$  и  $\text{Zn}$  первичны и частью выделились в виде сульфидов. Растворимость  $\text{CuCO}_3$  очень невелика. По старым, классическим данным Ж. Ляссена, одна часть карбоната меди растворяется в 3333 частях воды, насыщенной углекислотой при  $10^\circ\text{C}$  и давлении 755 мм (84).

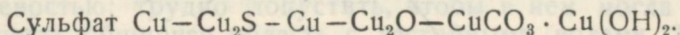
В осадочных породах медь может фиксироваться в виде различных минералов эпигенетического происхождения, в зависимости от химического состава пород и растворов. В осадках лагун и мелководных морских заливов возможна концентрация меди осаждением ее сульфидов или путем адсорбции. В замкнутых бассейнах с особым химическим режимом возможно выпадение меди и в виде других соединений. Но такие случаи редки в природе.

По мнению Л. М. Миропольского, возможно также непосредственное выпадение меди в виде ее основного сульфата — брошантита, как химического осадка (60, 61). Эта гипотеза автора основана на том, что им был обнаружен брошантит вместе с другими соединениями меди в доломитовых известняках татарского яруса в окрестностях



с. Красновидова, д. Антоновки на правом берегу Волги и в других пунктах этого района.

Л. М. Миропольский устанавливает следующий парагенетический ряд для соединений меди:



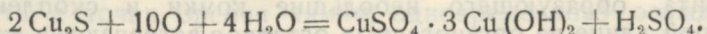
Соответственно этому ряду, брошантит является первичным минералом меди, халькозин и самородная медь образовались при восстановлении сульфата меди в восстановительной среде; куприт и малахит—более поздние продукты их окисления.

Парагенезис этих минералов, приводимый Л. М. Миропольским, может получить иное толкование, если мы примем во внимание геологические условия их нахождения и свойства брошантита.

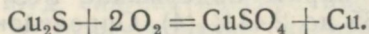
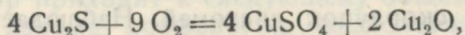
Брошантит весьма часто встречается в зоне окисления сульфидных месторождений меди в условиях очень сухого климата. Характерно, что брошантит образуется главным образом при окислении халькозиновых руд. В этом отношении типичным примером может служить месторождение Чукикамата (Чили), где брошантит является рудным минералом одного из крупнейших медных месторождений и сопровождается большими выделениями куприта и самородной меди.

В нижних горизонтах брошантит постепенно переходит в сульфидные руды.

Линдгрэн (84) указывает, что брошантит может быть образован непосредственным окислением халькозина по следующей реакции:



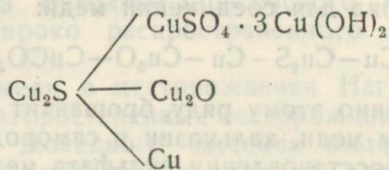
Куприт и самородная медь являются обыкновенными продуктами окисления халькозина по простым реакциям:



Из последней реакции следует, что окисление халькозина в условиях недостаточного доступа кислорода должно сопровождаться образованием самородной меди. Вот почему в зоне окисления халькозиновых руд брошантит и самородная медь являются одновременными продуктами и тем самым представляют пример парагенезиса.



Таким образом, взаимоотношения минералов меди и последовательность в их образовании может быть представлена следующей схемой:



Согласно высказанному нами мнению об условиях образования брошантита, он является вторичным минералом по отношению к халькозину.

Вкратце рассмотрим также гипотезы об образовании сульфидов меди как биохимического осадка в замкнутых бассейнах морского происхождения с застойной водой. Такие бассейны характеризуются тонкоилистыми осадками черного цвета, содержащими гидротроилит. Из современных нам отложений в этом отношении представляют большой интерес хорошо изученные осадки Черного моря (4).

Гидротроилит в небольшом количестве содержится в серой глине, распространенной главным образом в южной и восточной окраинах глубоководной области Черного моря. Эта глина во влажном состоянии имеет зеленоватосерую окраску, в сухом — светлосерую; иногда она совершенно черная от пропитывающего ее гидротроилита.

Глубоководная глина отличается однородностью; она почти нацело состоит из частиц  $< 0.01$  м; в ничтожном количестве встречаются зернышки кварца. Очень характерно для глубоководной глины присутствие  $\text{CaCO}_3$  в виде дрюнта, образующего небольшие комки и скопления. В серой глине из органических остатков встречаются скорлупки диатомей и иглы губок, занесенных течениями из прибрежной зоны Черного моря.

Гидротроилит рассеян отдельными зернами или заполняет полости скорлупок диатомей. Наблюдается переход гидротроилита в пирит. Содержание  $\text{FeS}_2$  в серой глине колеблется от 1,65 до 2,44% (4). Определение меди в современных осадках Черного моря обнаружило ничтожное ее содержание. В черном иле содержится меди 0,010%, в глинисто-известковом иле — 0,002%, в серой глубоководной глине — 0,003%. Таким образом, количество меди в этих осадках не превышает ее кларка для земной коры (2).

Как видно из этой характеристики серой глины, отлагающейся на дне Черного моря и содержащей сульфиды



железа, нельзя провести никакой аналогии с фациальной точки зрения между нею и породами медистой толщи. Как мы говорили, залив, в котором накапливались осадки этой толщи, отличался мелководностью и пониженной соленостью; трудно допустить, чтобы в нем могла существовать обширная область с застойными водами. Такому предположению противоречит общий характер пород медистой толщи и остатков фауны, характерной для солоноватоводных бассейнов. Пирит, распространенный в глинистых и алевролитовых породах, носит все признаки эпигенетического происхождения.

До последнего времени классическим примером биохимического осаждения сульфидов меди совместно с илистыми, терригенными осадками считались медистые сланцы Мансфельда. Г. Шнейдерхён в ряде своих работ (102, 103) обосновал гипотезу сингенетичного происхождения сульфидных медных руд Мансфельда в связи с жизнедеятельностью сернистых бактерий, представителями которых в настоящее время являются *Thioporphyra volutans* и *Monas mülleri*. Автор рассматривает микроскопические сферические образования как ископаемые бактерии, замещающиеся сульфидами меди, главным образом борнитом. По его мнению, на дне Мансфельдского бассейна одновременно осаждались гели различных сульфидов и сидерита.

К. Шоутен (104) подверг точному микроскопическому исследованию оруденелые медистые сланцы Мансфельда. На основании этого он пришел к заключению, что сферические образования, описанные Г. Шнейдерхёном как ископаемые бактерии, в действительности минерального происхождения. К. Шоутен обращает внимание на невозможность, с точки зрения химии, одновременного осаждения гелей различных сульфидов и сидерита и фактически устанавливает широкое развитие метасоматического замещения пирита сульфидами меди, свинца и цинка. В конце своей работы автор приходит к следующему общему положению: „Учитывая данные морфологии, физиологии и химии, а также генезиса руд, сингенетическое происхождение смешанных гелей и существование ископаемых сернистых бактерий, как это выдвигается Шнейдерхёном, должно рассматриваться как явление в высшей степени неправдоподобное“ (104, стр. 538).

Существует гипотеза, что соединения меди в медистых песчаниках являются эпигенетичными образованиями и что они внесены грунтовыми водами. Эта гипотеза, однако, не объясняет очевидной зависимости, существующей между



оруденением медистых песчаников, фациальными условиями их осаждения и петрографическим составом, а также недооценивает значение фактора климатического.

Для выяснения характера концентрации меди в медистых песчаниках, пропитывающей в той или иной степени все породы этой толщи, рассмотрим детальнее некоторые геохимические свойства меди. Общеизвестно, что медь легко адсорбируется гелями многих минеральных веществ — гидратами железа, марганца и  $\text{SiO}_2$ , аллофановыми глинами; в бурых железняках мы встречаем конкреции малахита, в выделениях аллофана часто наблюдается светлозеленая окраска вследствие присутствия соединений меди. Медь поглощается тонкодисперсными породами — глинами и мергелистыми породами.

Е. Сулливан доказал полное поглощение меди из ее разбавленного сульфатного раствора тонко измельченным порошком, состоящим из щелочных силикатов и глины. Опыт производился в колбе при обыкновенной температуре. В течение нескольких дней произошло почти полное осаждение меди из раствора (84).

Вопрос об адсорбции меди органическими гелями остается недостаточно выясненным. Н. М. Страхов, рассматривая геохимию Р, V и Си в морских битуминозных породах, говорит: „Мы не отрицаем того, что внос меди в пластах горючих сланцев организмами, несомненно, имеет место. Учитывая, однако, что медь в организмах распространена, поскольку мы знаем сейчас, еще меньше, чем ванадий, мы не можем приписывать этому фактору большого значения, но склонны думать, что Си, как и  $\text{V}_2\text{O}_5$ , концентрируется в горючих сланцах путем адсорбции“ (78, стр. 18).

Известно как эмпирический факт, что в осадочных образованиях медь преимущественно дает более значительные первичные концентрации в породах битуминозных, богатых органическими веществами.

Медь обладает очень малым фильтрационным эффектом. При просачивании ее через тонкозернистые породы, содержащие гели, большая часть меди адсорбируется. Поверхностный слой алевролитовых и глинистых осадков при их отложении на дне залива может рассматриваться как коллоидея мембрана.

Лабораторные исследования Эршлера (100) и Гаккера (101) показали, что концентрация раствора электролитов над коллоидея мембраной повышается и может достичь значительной величины. По исследованиям этих авторов, дифференциальное уравнение  $dm = \varphi \cdot c \cdot dv$  (где  $m$  и  $v$  — коли-



чество вещества и объем раствора, прошедшего через коллодиевую мембрану,  $c$ —концентрация раствора,  $\varphi$ —фильтрационный эффект) действительно только для растворов слабой концентрации. Из этого уравнения явствует, что при повышении концентрации меди величина фильтрационного эффекта должна понижаться.

Следовательно, концентрация сульфата меди должна увеличиваться на дне залива в слое воды, непосредственно прилегающем к тонкодисперсным, богатым гелями осадкам, которые мы рассматриваем как коллодиевую мембрану.

Часть меди адсорбировалась в верхнем слое осадков, другая ее часть проникла в более глубоко лежащие горизонты алевролитовых и глинистых пород и в них отлагалась. Благодаря поглощению меди тонкодисперсными осадками, содержащими гели, обратные диффузионные токи не могли возникнуть. Типичный пример адсорбции меди глинистыми породами представляет Стассфуртское соляное месторождение.

Содержание меди в образцах Стассфуртского района, по данным В. Бильц и Э. Маркус, показана в приведенной ниже таблице 3.

Таблица 3\*

№№ п. п.	Название проб	Глубина залегания (в метрах)	Содержание Cu на 200 г пробы (г)
1	Самая древняя каменная соль (без шнуров) . . . . .	1	0,10
2	Ангидритовые шнуры . . . . .	—	0,15
3	Самая древняя каменная соль (без шнуров) . . . . .	2	0,10
4	То же . . . . .	30	0,11
5	Шнуры ангидрита . . . . .	—	0,17
6	Плотный красный ангидрит . . . .	142	{ 0,13 0,11
7	Карналлит плотный у каменной соли . . . . .	186	0,15
8	Соляная глина в контакте . . .	186 — 187	1,29
9	Очень твердая соляная глина . . .	186 — 187	—
10	Сланцеватая соляная глина . . .	187	0,60
11	Мягкая соляная глина, илистая . .	190	1,00
12	Твердая соляная глина из ангид- рита . . . . .	192	—
13	Ангидрит . . . . .	195	0,90
14	Ангидрит типичный . . . . .	207	0,22

\* Таблица взята из работы Л. М. Миропольского (60, стр. 131).



Эта таблица показывает, что содержание меди в гипсе и каменной соли составляет от 0,05 до 0,10%, но оно резко повышается в тонких прослойках соляных глин и в верхнем горизонте подстилающего их ангидрита, достигая в них до 0,5 и 0,65%.

Так как содержание меди в растворе, пересыщенном солями кальция и натрия, было ничтожно, то медь не могла оседать как химический осадок в виде каких бы то ни было соединений. Очевидно, соединения меди механически захватывались при кристаллизации гипса и галита. Возможно, что рассеянные ионы меди могли частично замещать ионы в галите, как явление эндокриптин. Тем более, что известен в природе минерал нантокит, состава  $\text{CuCl}_2$ , кубической сингонии со спайностью [100].

Таблица 3 также ясно показывает, что соединения меди из пластов гипса и каменной соли выносились водными растворами и адсорбировались глинистыми прослойками. Часть меди достигала нижележащего ангидрита и оседала в его верхнем горизонте.

Вернемся теперь непосредственно к генезису медистых песчаников Донецкого бассейна. Мы полагаем, что медь вносилась текучими водами в морской залив Бахмутской котловины. Главным фактором, приводящим к накоплению меди в его осадках, являлась ее адсорбция глинистыми осадками, содержащими гели минерального и органического происхождения.

Но адсорбция меди глинистыми осадками прежде всего зависит от степени концентрации ее сульфата в водном растворе. Благоприятным обстоятельством для адсорбции меди илистыми осадками является, как мы видели, увеличение ее концентрации в придонном слое.

Так как степень адсорбции меди находится в прямой зависимости от ее концентрации в водном бассейне, рассмотрим факторы, влияющие на эту концентрацию.

Возраставшая сухость климата благоприятствовала образованию крупных месторождений меди в зоне сульфидного обогащения. Отложение и оруденение медистых песчаников западных склонов Урала, Донецкого бассейна, а также в других регионах происходило при весьма сходных климатических условиях.

В конце каменноугольного периода теплый и влажный климат постепенно сменился более сухим. А. Н. Криштафович отмечает: „В связи с приостановкой в Европе процессов углеобразования, характером горных пород и тем фактом, что чем позже в пермском периоде, тем чаще



растения встречаются только во вторичном залегании, становится ясно, что эта перемена состава растительного мира Европы складывалась под влиянием растущей сухости. Это подтверждается и ксероморфным характером вырабатывающихся новых форм растений, например, *Walchia* и позже *Ullmania*" (35, стр. 362).

Мнение А. Н. Криштафовича вполне согласуется с указанием А. Г. Сьюорда (79). К этому времени относится образование осадочных пород, содержащих сульфиды меди, и в более редких случаях сульфиды, хлориды и ванадаты других металлов. Но мы не встречаем сульфидов меди с характеризующим их парагенезисом ни в соленосных отложениях, образовавшихся в крайне аридных условиях, ни в араукаритовой толще, когда климат был еще слишком влажным. Наиболее благоприятным для образования медистых песчаников был сравнительно сухой климат с сезонными изменениями в количестве атмосферных осадков. Именно в условиях такого климата, при достаточной скорости эрозии, главная масса меди поступает в текущие воды, чему способствует высокая растворимость сульфата меди (172 г/л при 20°C), и выносится потоками в прилегающие морские заливы.

Многочисленными наблюдениями над большим числом рудных месторождений юго-западной Африки в различных климатических областях установлено, что наиболее благоприятные условия для образования хорошо выраженных вторичных зон создаются в тропических, нормально сухих областях с их периодическими дождевыми сезонами; незначительное окисление, при почти отсутствующих зонах вторичного обогащения, обнаружено в областях с очень сухим климатом (73).

При этом сильное испарение воды должно было повышать ее минерализацию в стоячих и текучих водах и, следовательно, повышало процент содержания  $\text{CuSO}_4$ .

Адсорбция меди осадками должна вызывать диффузию ее соединений в водном растворе. Но так как диффузия в растворах слабой концентрации протекает очень медленно, то при значительной глубине открытого залива главная масса меди должна была бы выноситься в море. Медистые песчаники, как правило, являются осадками или мелководных заливов или замкнутых лагун.

Таким образом, накопление отложений, содержащих медь, а иногда и другие цветные металлы, зависит от нескольких причин: от наличия достаточно крупных месторождений меди на материке, прилегающем к водному бассейну, от клима-



тического фактора,\* от фациальных особенностей осадков и от общего физико-географического характера как самого бассейна, в отложениях которого встречаются соединения меди, так и окружающей местности. Все эти факторы, несомненно, благоприятствовали оруденению толщи медистых песчаников Донецкого бассейна.

По нашему представлению, глины и алевролиты являются первичными концентраторами меди, но медь в них содержится в сравнительно небольшом количестве в виде рассеянных зерен халькозина.

Гораздо более богаты сульфидами меди ее вторичные концентрации в мелко- и тонкозернистых песчаниках; главная роль в их образовании принадлежит грунтовым водам.

Окисленные медные руды, представленные малахитом и азуритом, образовались в связи с колебаниями уровня грунтовых вод.

Количество халькозина, как наиболее распространенного сульфида в медистых песчаниках, зависит от ряда условий. К их числу принадлежат: химический состав грунтовых вод, представлявших сложный раствор бикарбонатов, сульфатов,  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$ , степень концентрации  $\text{CuSO}_4$  и  $\text{H}_2\text{S}$ , присутствие лигнитизированных растительных остатков и ранее выделившихся сульфидов, метасоматически замещаемых халькозином.

Следует указать еще на один фактор (установленный Д. С. Коржинским), благодаря которому местами повышается концентрация  $\text{CuSO}_4$  в подземных водах, и, следовательно, усиливается осаждение  $\text{Cu}_2\text{S}$ .

Д. С. Коржинский (34) рассматривает пористые горные породы как фильтрующую среду, а фильтрационный эффект  $\varphi$  зависит от степени пористости среды и величины пор. Для фильтрационного эффекта этот автор дает выражение

$$\varphi = \frac{w_1}{w},$$

где:

$w$  — средняя скорость движения частиц раствора;

$w_1$  — средняя скорость движения частиц растворенного вещества.

Следовательно, коэффициент  $\varphi$  дает отношение средних скоростей течения частиц растворенного вещества и раствора в целом.

\* Ни одна гипотеза о происхождении медистых песчаников не может игнорировать этот фактор, однако сам по себе он не является решающим.



Д. С. Коржинский говорит: „Таким образом, если при течении через грубые фильтры раствор течет слитно ( $\varphi = 1$ ), то при течении через тонкие фильтры растворитель и растворенное вещество перемещаются до некоторой степени независимо, с различной скоростью ( $\varphi < 1$ ), как будто мы имеем дело с двумя жидкостями. В сложном растворе каждое растворенное вещество может иметь свою скорость течения. Скорость каждой из этих фракций пропорциональна градиенту давления (т. е. подчиняется закону Дарси) и зависит от рода фильтра и рода данного вещества“ (стр. 39).

Применяя результаты математического исследования Д. С. Коржинским фильтрационного эффекта к частному случаю осаждения сульфидов меди в оруденелых песчаниках, мы можем сказать, что в тех местах, где грунтовые воды встречают большее сопротивление своему движению вследствие уменьшения величины пор, — в так называемых барьерах должно происходить усиленное отложение халькозина.

Барьеры являются, повидимому, одним из факторов, влияющих на распределение оруденения в определенных пластах толщи медистых песчаников.

В оруденелых песчаниках в пределах одного пласта часто наблюдаются изменения в гранулометрическом составе. При движении грунтовых вод из мелкозернистых песчаников в тонкозернистые в переходной зоне повышается концентрация меди; и, следовательно, увеличивается осаждение ее сульфидов.

Факт образования минеральных отложений в более крупнозернистой породе на границе с тонкозернистой давно известен. В таких случаях играют роль замедления движения грунтовых вод на границе пород различной пористости (что способствует развитию химических реакций) и фактор, доказанный Д. С. Коржинским. Но относительное значение этих факторов остается пока невыясненным.

Итак, приведший к образованию медистых песчаников сложный процесс, для расшифровки которого необходимо учитывать взаимодействие различных факторов (в их историческом развитии), в существенном сводится к следующему:

1. Источником меди явились полиметаллические месторождения преимущественно северного крыла Главной антиклинали, образовавшиеся в конце карбона, в основной для Донецкого края фазе герцинского горообразования.



Эти месторождения подверглись затем эрозии и денудации во время отложения толщи медистых песчаников и пород нижней части известняково-доломитовой толщи.

2. Медь выносилась текучими водами в мелководные слабо опресненные морские заливы, обладавшие несколько ограниченным сообщением с открытым морем и располагавшиеся на северо-западной окраине Донецкого края.

3. Количественное соотношение в грунтовых водах между медью и соединениями свинца и цинка было иным, чем в гипогенных рудах. В грунтовых водах медь переходила в растворы в значительно больших количествах, чем соединения цинка и свинца.

4. Осаждение меди в морских заливах происходило благодаря адсорбции ее глинистыми осадками, содержащими гели окиси железа, кремнезема и, возможно, органических веществ растительного происхождения. При этом количество меди, поглощаемой тонкодисперсными глинистыми осадками и различными гелями, находилось в прямой зависимости от степени ее концентрации в растворе.

5. Следующие факторы способствовали повышению концентрации меди в заливах: близость сульфидных месторождений меди на прилегающей суше, мелководность самих заливов и отсутствие достаточно свободного обмена воды с открытым морем. Другие условия осадконакопления также были благоприятны для образования зоны сульфидного обогащения, цементации, процессов химического выветривания, миграции и накопления меди в водных бассейнах. Кроме того состав осадков (глины и алевролиты) способствовал концентрации в них меди.

6. Первичная концентрация меди почти исключительно сосредоточена в глинах и алевролитах. В этих породах сульфиды меди и железа присутствуют в виде небольших, неравномерно рассеянных зерен. Осаждение сульфидов меди и железа происходило в стадию диагенеза в присутствии  $H_2S$  биохимического происхождения. Содержание меди в алевролитах и глинах обычно не превышает десятых долей и часто выражается сотыми долями процента.

7. Оруденение линз и прослоев с растительными остатками в светло окрашенных песчаниках относится к стадии катагенеза и связано с химической деятельностью грунтовых вод. В песчаниках сульфиды меди и железа являются эпигенетическими образованиями.

Грунтовые воды представляли сложный раствор, находящийся в динамическом равновесии; в его состав входили



бикарбонаты дивалентных металлов. Образование в песчаных карбонатов и сульфидов представляет единый химический процесс, последовательно протекавший.

После осаждения карбонатов — кальцита, доломита и сидерита выделялись сульфиды в порядке уменьшения содержания в них железа.

8. Господствующий сульфид меди представлен халькозином, последним по времени образования. Он отлагался или непосредственно как химический осадок, или путем метасоматического замещения лигнитизированных растительных остатков и ранее выделившихся сульфидов.

### ВЫВОДЫ

1. Основанием осадочного комплекса донецкой перми служит генетически связанная с ней араукаритовая толща, относящаяся к самой верхней части карбона. Эта толща, налегая на непродуктивный карбон, резко от него отличается по своему литологическому составу. Она сложена песчаниками, конгломератами, глинами и аргиллитами с тонкими прослойками сажистого угля и пропластками известняков. Фациально араукаритовая толща неоднородна, причем в западной и северной частях области ее развития она почти нацело состоит из красно- и пестроцветных образований.

2. Литологический состав и органические остатки неоспоримо свидетельствуют о накоплении араукаритовой толщи в эпоху геологической революции, когда процессы горообразования, создавшие основу Донецкого кряжа, не были еще завершены. Наблюдаемая в араукаритовой толще цикличность осадконакопления обусловлена ритмическими колебаниями дна заливов, приуроченных к компенсационным прогибам, куда сносились продукты разрушения скачкообразно воздымавшихся донецких горных цепей.

3. Толща медистых песчаников, в отличие от араукаритовой, литологически весьма однородна. Она состоит из тонко- и мелкозернистых песчаников, алевролитов и подчиненных им глин; переходы между этими породами настолько постепенны, что трудно провести границу между отдельными типами. Выделенные рядом исследователей в толще медистых песчаников конгломераты в действительности ими по способу образования и текстуре не являются. Они представляют собой конкреционные образования, являющиеся продуктами длительного процесса диагенеза и катагенеза.



4. Фауна, как и флора из толщи медистых песчаников, свидетельствует о ее нижнепермском возрасте, хотя в ней уже появляются формы, типичные для верхней перми. Флора толщи медистых песчаников имеет ярко выраженный западноевропейский облик, а фауна имеет черты, характерные для перми востока Русской платформы и западного Урала.

5. Вся мощная однородная толща медистых песчаников накопилась в мелководных, слабоопресненных морских заливах, имевших несколько ограниченное сообщение с открытым морем; дно их испытывало непрерывное погружение. Прогибание северо-западного отрезка донецкой геосинклинали было весьма значительным, но оно носило спокойный характер. Имели место только небольшие перемещения береговой линии, образование отмелей, временных островов. В продолжение всей эпохи медистых песчаников Бахмутская котловина находилась ниже уровня моря.

6. Источником меди, которая неравномерно пропитывает всю толщу медистых песчаников, а местами и нижнюю часть известняково-доломитовой толщи, явились полиметаллические месторождения преимущественно северного крыла Главной антиклинали. Они образовались в конце карбона, в основной для Донецкого края фазе герцинского горообразования.

В начале перми эти месторождения подверглись эрозии и денудации. Медь текучими водами выносилась в мелководные, слабо опресненные морские заливы северо-западной окраины Донецкого бассейна.

7. Осаждение меди в заливах происходило благодаря адсорбции ее глинистыми осадками, содержащими гели окиси железа и других веществ. Ряд факторов (в их числе и климатические условия) способствовал повышению концентрации меди в этих заливах. Первичная концентрация меди происходила почти исключительно в глинах и алевролитах. Оруденение песчаников относится к стадии катагенеза и связано с деятельностью грунтовых вод.

8. Образование в песчаниках медистой толщи карбонатов и сульфидов является результатом последовательно протекавшего единого химического процесса. После осаждения карбонатов — кальцита, доломита и сидерита — выделялись сульфиды в порядке уменьшения содержания в них железа.



## ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Архангельский А. Д., Шатский Н. С., Преображенский Н. А. и Некрасов Б. П., Общие результаты исследований по северо-западной окраине Донецкого бассейна в 1923 г. Труды Особ. ком. по иссл. Курск. магн. аном., геол. отд., вып. V, Госиздат, 1924.
2. Архангельский А. Д. и Рожкова Е. В., Об условиях накопления меди в осадочных породах. Бюлл. Моск. о-ва исп. прир., отд. геол., т. X, вып. 2, 1932.
3. Архангельский А. Д. и Соловьев Н. В., Экспериментальные исследования по вопросу о способах накопления меди в осадочных породах. Изв. Акад. наук СССР, сер. геол., № 2, 1938.
4. Архангельский А. Д. и Страхов Н. М., Геологическое строение и история развития Черного моря. Изд. Акад. наук СССР, 1938.
5. Атлас руководящих форм ископаемых фаун СССР, т. VI, Пермская система. Под ред. Б. Лихарева, ОНТИ, 1939.
6. Велик П. Г., К минералогии рудных жил Есауловки в Нагольном крае (Донецкий бассейн). Зап. Инст. геол. ХГУ, т. VIII, 1940.
7. Берг Георг, Геохимия месторождений полезных ископаемых. 2-е изд., ОНТИ, 1937.
8. Борисяк А., Геологический очерк Изюмского уезда и прилегающей полосы Павлоградского и Змиевского уездов. Северо-западная окраина Донецкого края. Труды Геол. ком., нов. сер., вып. 3, 1905.
9. Борисяк А. А. и Яковлев Н. Н., Геологическая карта северо-западной окраины Донецкого края. Труды Геол. ком., нов. сер., вып. 153, 1916.
10. Борисяк Н., Очерк геогностического состава и минеральных богатств Харьковской губернии. Харьков, 1856.
11. Бражникова Н. Е., До вивчення форамініфер центрального району Донбаса (світи  $C_3^{is}$ ,  $C_3^{av}$  і низи араукаритової товщі). Геол. журн. АН УРСР, т. VI, вып. 1-2, 1939.
12. Бражникова Н. Е., К вопросу вертикального распространения фораминифер верхнего палеозоя Донбасса. Мат. по нефтеносности Днепровско-Донецкой впадины, вып. I, Киев, 1941.
- 12а. Бруевич С. В., Средний химический состав океанической воды и „нормальная“ морская вода по современным данным. Пробл. Арктики, 4, 1945.
13. Виноградов А. П., Химический элементарный состав организмов моря, ч. III, Труды биохим. лаборатории АН СССР, VI, 1944.
14. Гапеев А. А., Геологический очерк западной окраины Донецкого бассейна. Мат. по общ. и прикл. геол., вып. 123, 1927.
15. Григорьев Н., О верхнепалеозойской флоре, собранной в окрестностях сс. Троицкого и Луганского в Донецком бассейне. Изв. Геол. ком., т. XVII, № 9, 1898.



16. Гуров А., Геологические исследования в южной части Харьковской губернии и прилежащих местностях. Изд. Харьк. унив., 1869.
17. Гуров А., Геогностическое описание Дружковского месторождения каменного угля в Бахмутском уезде, Екатеринославской губ. Труды Харьк. о-ва исп. прир. за 1877 г., т. XI, 1878.
18. Гуров А. В., К геологии Екатеринославской и Харьковской губерний. Изд. Харьк. унив., 1882.
19. Гуров А. В., Гидрогеологические исследования (изучение подземных и родниковых вод) Павлоградского и Бахмутского уездов Екатеринославской губ. ввиду обводнения и орошения края, с прилож. главы о полезных ископаемых. Изд. Харьк. унив., 1893.
20. Гуров А. В., Буровые скважины у х. Ново-Васильевки, Бахмутского уезда, Екатеринославской губ. 1909.
21. Додин А. Л., Рудные месторождения. Геология СССР, т. VII, Госгеолиздат, 1944.
22. Данабедов А. Т., Закашанский М. С., Зандер Б. И., Федотов П. Ф., Черемонский Т. Я., под ред. Данабедова А. Т. Глубинно-геологическое строение Нагольного кряжа (Донбасс) и территории, примыкающей к нему с юга и запада по данным геофизических исследований 1936—1937 гг.
23. Евсеева С. И. и Ракитин А. Д., Отчет о разведке медистых песчаников Донецкого бассейна, 1934. Мат. Укр. инст. прикл. физико-химии, Харьков.
24. Евсеева С. И., Лунгерсгаузен Л. Ф. при участии Бражниковой Н. Е. и Новик Е. О., Пермские отложения Донбасса, ч. I. Геология и стратиграфия, 1939.
25. Евсеева С. И., Пермские отложения Большого Донбасса и их возможные минеральные ресурсы. Сб. „Большой Донбасс“, Госгеолиздат, 1941.
26. Залесский М. Д. и Чиркова Е. Ф., Палеоботанические исследования в верхнем карбоне Донецкого бассейна и деление карбона на основные ископаемые флоры. Труды ВГРО, вып. 275, 1935.
27. Залесский М. Д., О подразделении каменноугольных и пермских отложений Донецкого бассейна на основании их ископаемой флоры. Пробл. палеонт., Моск. гос. унив., тт. II—III, 1937.
28. Залесский М. Д., О некоторых новых ископаемых растениях каменноугольных и пермских отложений Донецкого бассейна. Пробл. палеонт., т. II—III, Палеонт. лабор. Моск. гос. унив., 1937.
29. Залесский М. Д., Подразделения каменноугольных и пермских отложений на основании ископаемой флоры. Геология СССР, т. VII, Госгеолиздат, 1944.
30. Захаров Е. Е. и Королев Н. Н., Структура рудного поля, минералогический состав и генезис Никитовского месторождения. Изд. АН СССР, 1940.
31. Иваницкий 1-й, Геогностическое описание части Бахмутского уезда Екатеринославской губернии. Горн. журн., ч. IV, кн. II, 1839.
32. Ковалевский Е., Опыт геогностических исследований в Донецком горном кряже. Горн. журн., № 2, 1827.
33. Ковалевский Е., Геогностическое обозрение Донецкого горного кряжа. Горн. журн., ч. I, кн. 1, 2, 3, 1829.
34. Коржинский Д. С. Фильтрационный эффект в растворах и его значение для геологии. Изв. АН СССР, сер. геол., № 2, 1947.
35. Криштафович А. Н., Палеоботаника, 3-е изд., Геолиздат, 1941.
36. Лазаренко Е. К. Нагольно-Тарасівське поліметалічне родовище Нагольного кряжу в Донбасі. Уч. зап. ХДУ, № 4, 1936.



37. Лазаренко Е. К., До характеристики зони окислення поліметалічних родовищ Нагольного кряжу. Научн. зап. Львовск. гос. унів., т. II, сер. геол., вып. 2, 1946.
38. Лапкин И. Ю., Окуполовых структурах левобережья р. Донца между рр. Оскол и Красной. „Сов. геол.“, № 2, 1941.
39. Лапкин И. Ю., Несколько замечаний о донецких пестроцветках. Докл. АН СССР, т. XVI, № 8, 1945.
40. Лапкин И. Ю., О пестроцветных свитах Большого Донбасса. Бюлл. Моск. о-ва исп. прир., отд. геол., т. XXII, вып. 1, 1947.
41. Лапкин И. Ю., Геологические наблюдения в западной части северной окраины Донецкого бассейна. „Сов. геол.“, № 23, 1947.
42. Лапчик Т. Ю., Материалы к характеристике меднорудных месторождений Донбасса. 1936.
43. Лапчик Т. Ю. и Осауленко П. Л., Фауна в міденосній товщі Донбасу. Вісті АН УРСР, № 10, 1936.
44. Лапчик Т. Ю., Про знахідку свинцевих руд в міденосній товщі Донбасу. Геол. журн. АН УРСР, т. III, вип. 3—4, 1937.
45. Лапчик Т. Ю., М.-Янісольське родовище міді на Маріупольщині. Геол. журн. АН УРСР, т. III, вип. 3—4, 1937.
46. Лапчик Т. Ю., Про халькозин у мідястих пісковиках та сланцях Донбасу. Геол. журн. АН УРСР, т. VIII, вип. 3, 1947.
47. Леваковский И. Ф., Геологическое исследование осадков Пермской формации в северо-западной части Донецкого кряжа. Изд. Харьк. унив., 1863.
48. Ле-Пле, Исследования каменноугольного Донецкого бассейна, произведенные в 1837—1839 гг. Москва, 1854.
49. Лихарев В., Матеріали до вивчення верхньокам'яновугільних брахіопод Донбасу. Геол. журн. АН УРСР, т. V, вип. 3, 1938.
50. Лунгерсгаузен Л., Краткий обзор фауны верхней части палеозойских отложений Донецкого бассейна. Мат. по геологии и гидрогеологии, сб. № 1 за 1939 г. Геол. упр. УССР, 1940.
51. Лунгерсгаузен Л., Некоторые черты палеогеографии Днепровско-Донецкой геосинклинали в верхнепалеозойское и мезозойское время. Мат. по нефтеносности Днепро-Донецкой впадины, вып. I, Киев, 1941.
52. Лунгерсгаузен Л., Стратиграфия триаса Донецкого кряжа. Докл. АН СССР, т. XXXIV, № 3, 1942.
53. Лунгерсгаузен Л. Ф., Новые данные по стратиграфии триаса. Геология СССР, т. VII, Госгеолиздат, 1944.
54. Любер А. А., Споры и пыльца из углей пермских отложений СССР. „Пробл. сов. геол.“, № 2, 1933.
55. Малявкин А. А., Нижняя пермь Донбасса. Мат. по геологии пермской системы Европ. части СССР, 1940.
56. Малявкин А. А., Верхняя пермь Донбасса и ее граница с триасом. Мат. по геологии пермской системы Европ. части СССР, 1940.
57. Материалы к детальной геологической карте Донецкого каменноугольного бассейна. Изд. Геол. ком., 1926.
- 57а. То же, планшет II—21.
58. Мионов Н. М., Отчет о геолого-разведочных работах по Марьяновскому участку, 1936.
59. Мионов И. М., Отчет по Клиновской геолого-разведочной партии за 1937 г.
60. Мировольский Л. М., Медные соединения в пермских отложениях Татарской и Чувашской республик и некоторые новые данные к их генезису. Зап. Рос. мин. о-ва, ч. LX, № 1, 1931.



61. Миропольский Л. М., Медные руды в пермских отложениях Татарской АССР и их генезис. Уч. зап. Каз. гос. унив., т. 98, кн. 1, геол. вып. 10, 1938.
62. Мочалов А. М., Микроскопическое исследование руд медистых песчаников и оруденелых известняков Артемовской котловины. 1936 — 1937 гг.
63. Мурчисон Р., Геологическое описание Европейской России и хребта Уральского. Горн. журн., кн. № 4, 1847.
64. Новик К. О., Стратиграфія і межі за флорою верхньокам'яновугільних відкладів Кальміус-Торецької улоговини. Геол. журн. АН УРСР, т. V, вип. 1 — 2, 1938.
65. Новик К. О., Схема розчленування за флорою кам'яновугільних відкладів Кальміус-Торецької улоговини. Геол. журн. АН УРСР, т. V, вип. 1 — 2, 1938.
66. Пермская почва в северо-западной части Донецкого края. Горн. журн., ч. IV, 1864.
67. Рожкова Е. В. и Горшкова Т. И., Медистые песчаники Донецкого бассейна. „Мин. сырье и его перераб.“, № 7 — 8, 1926.
68. Романов А. В., Отчет Клиновской партии за 1936 г.
69. Савич-Заблоцкий К. Н., Геологические исследования в западной части Мариупольского округа летом 1928 г. Труды ЦНИГРИ, вып. 43, 1935.
70. Савич-Заблоцкий К. Н., К литологии отложений свиты  $C_2^5$  карбона северной части Донецкого бассейна. Зап. Харьк. е.-х. инст., т. V (XLII), 1946.
71. Самойлов Я. В., Минералогия жильных месторождений Нагольного края (Донецкий бассейн). Мат. для геол. России, т. XXIII, 1906.
72. Самойлов Я. В., Бюлиты. Научно-хим.-техн. изд-во, Ленинград, 1929.
73. Смирнов С., Зона окисления сульфидных месторождений. ОНТИ, 1936.
74. Соболев Д. Н., О среднеазиатской геосинклинали и об Амадоийском бассейне. Зап. Инст. геол. ХГУ, т. V, вып. 2, 1936.
75. Соболев Д. Н., О закономерностях геологического строения и распределения недровых богатств Амадоийского (Б. Донецкого) бассейна и о линиях Карпинского. ОНТИ Укр., 1938.
76. Степанов П. И., Ротай А. П., Лихарев Б. К. и Малявкин А. А., Геологическое описание Донецкого каменноугольного бассейна. XVII Межд. геол. конгр., Южная экскурсия, ОНТИ, 1937.
77. Степанов П. И., Тектоника Донецкого бассейна. Геология СССР, т. VII, Донецкий бассейн, Госгеолиздат, 1944.
78. Страхов Н. М., К геохимии Р, V и Си в морских битуминозных породах. Труды МГРИ, т. VII, 1937.
79. Сьюрд А. Г., Века и растения. Обзор растительности прошлых геологических периодов. ОНТИ, 1936.
80. Танатар И. И., Медистые песчаники Бахмутской котловины и их происхождение. „Южн. инж.“, № 10 — 11, 1915.
81. Танатар И. И., Геохимическая характеристика полиметаллических месторождений Нагольного края. „Пробл. сов. геол.“, № 4, 1934.
- 81а. Твенхофел У., Учение об образовании осадков. ОНТИ, 1936.
82. Чернышев Ф. и Лутугин Л., Донецкий бассейн. Изв. о-ва. горн. инж., №№ 11 и 12, 1897.



83. Шалыт Е. С., К литологии и генезису медистых песчаников Донбасса. Мат. по геол. и гидрогеол., сборн. № 1 за 1939 г. Геол. упр. УССР, 1940.
84. Эммонс В., Вторичное обогащение рудных месторождений. ОНТИ, 1935.
85. Якшин А. А., К металлогении Нагольного края. „Сов. геол.“, сборн. № 8, 1945.
86. Яковлев Н. Н., Геологические исследования, произведенные в северной части Донецкого каменноугольного бассейна в 1895 г. (Предварительный отчет). Изв. Геол. ком., т. XV, № 6, 1896.
87. Яковлев Н. Н., Дружковско - Константиновский антиклинал Донецкого каменноугольного бассейна. (Предварительный отчет). Изв. Геол. ком., т. XVI, № 4, 1897.
88. Яковлев Н. Н., Геологическая съемка Бахмутской котловины. Изв. Геол. ком., т. XVIII, 1899.
89. Яковлев Н. Н., Фауна некоторых верхнепалеозойских отложений России. II. Головоногие и брюхоногие. Труды Геол. ком., т. XV, № 3, 1899.
90. Яковлев Н. Н., Заметка о верхнепалеозойских отложениях Донбасса и Самарской Луки. Изв. Геол. ком., т. XIX, 1907.
91. Яковлев Н. Н., Фауна верхней части палеозойских отложений в Донецком бассейне. I. Пластинчатозаберные. Труды Геол. ком., нов. сер., вып. 4, 1903.
92. Яковлев Н. Н., Фауна верхней части палеозойских отложений в Донецком бассейне. II. Кораллы. Труды Геол. ком., нов. сер., вып. 12, 1903.
93. Яковлев Н. Н., Палеозой Изюмского уезда Харьковской губ. Труды Геол. ком., нов. сер., вып. 42, 1908.
94. Яковлев Н. Н., Фауна верхней части палеозойских отложений в Донецком бассейне. III. Плеченогие. Труды Геол. ком., нов. сер., вып. 79, 1912.
95. Яковлев Н. Н., Материалы для геологии Донецкого бассейна (каменная соль, доломиты и медные руды). Труды Геол. ком., нов. сер., вып. 94, 1914.
96. Яковлев Н. Н., Медистые песчаники Донецкого бассейна. „Ест. и произв. силы России“, т. IV, вып. 7, 1917.
97. Яковлев Н. Н., Взаимоотношения перми и пермокарбона. Геол. вестн., т. IV, № 4—5, 1927.
98. Яковлев Н. Н., Егоров Г. Н., Детальная геологическая карта Донецкого каменноугольного бассейна. Описание плавшета VI—21 (с. Покровское), 1937.
99. Яковлев Н. Н., Пермские отложения. Геология СССР, т. VII, Госгеолгиздат, 1944.
100. Erschler B., Über die Grenzen der Anwendung der Ultrafiltration zum Nachweis des kolloiden Zustandes. Kolloid. Zeitschr., B. 68. H. 3, 1934.
101. Hacker W., Die Konzentrationsänderung in Elektrolytlösungen bei der Filtration durch Kollodiummembranen. Kolloid. Zeitschr., B. 94, H. 1, 1941.
102. Schneiderhöhn H., Chalkographische Untersuchung des Mansfelder Kupferschiefers. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie. Beil. Bd. XLVII, 1923.
103. Schneiderhöhn H., Metall und Erz, 1925.
104. Schouten C., The Role of sulphur bacteria in the formation of the so-called sedimentary copper ores and pyritic ore Bodies. Economic Geology, V. XLI, № 5, 1946.



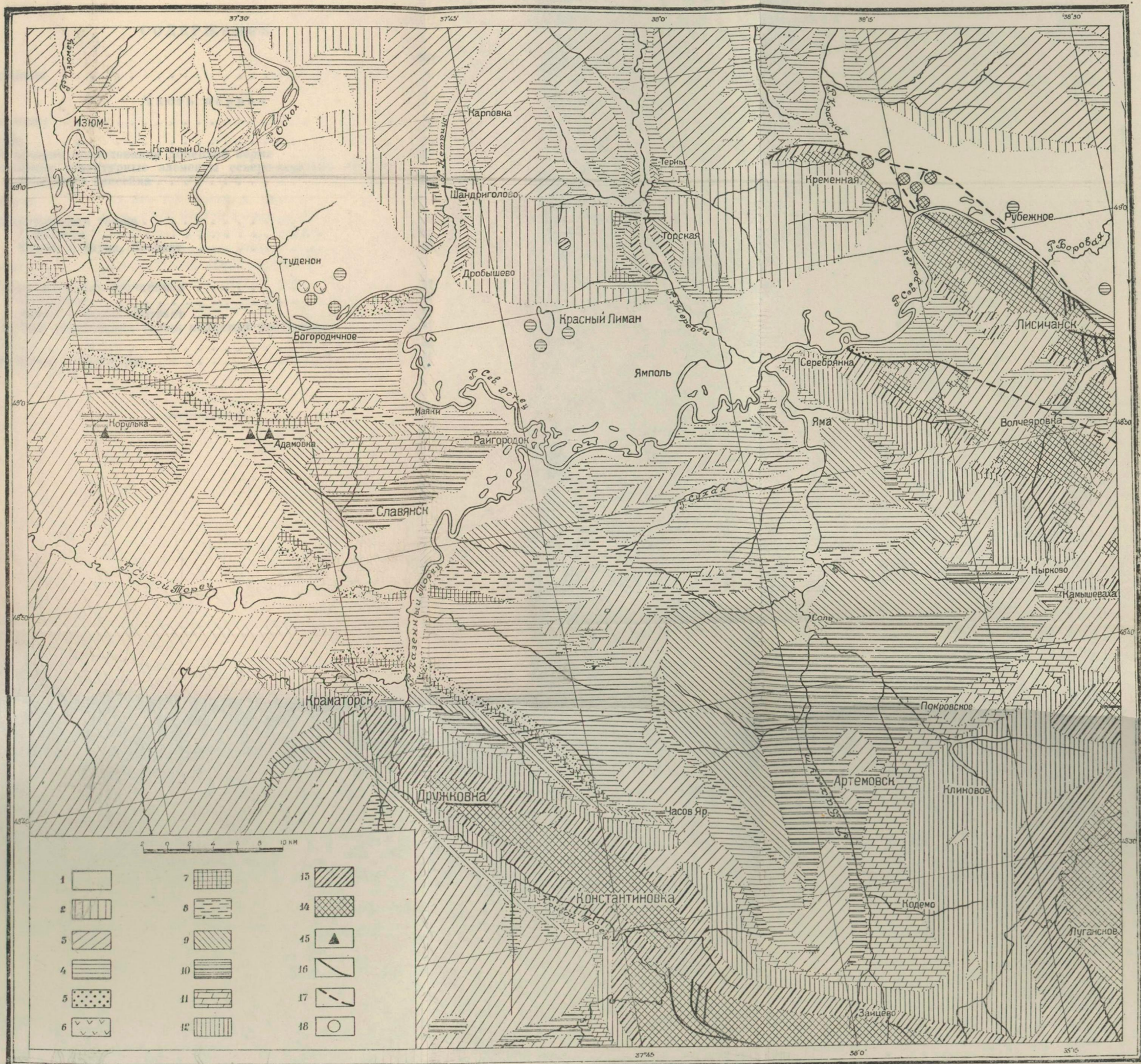




# СХЕМАТИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ОКРАИНЫ ДОНЕЦКОГО КРЯЖА

Составил И. Ю. Лапкин. 1946 г.



1.  $Q_{1+2}$  Аллювий луговой и боровой террас.
2.  $Q_1$  Аллювий лёссовых террас.
3. Tr Пески миоцена и песчано-глинистые породы олигоцена и эоцена.
4.  $Cr_2$  Мело-мергельные породы и глауконитовые пески верхнего мела.
5.  $Cr_1$  Песчаные породы альба (?).
6.  $I_3^v$  Пестроцветная песчано-глинистая толща верхней юры.
7.  $I_3$  Известняки и карбонатные породы верхней юры.
8.  $I_{1+2}$  Песчано-глинистая толща средней и нижней юры.
9.  $I_1^v - P_2^v$  Пестроцветные песчано-глинистые толщи (нижний лейас — верхняя пермь).

10.  $P_{1+2}^s$  Соленосная толща нижней и частью верхней перми.
11.  $P_1^c$  Известняково-доломитовая толща нижней перми.
12.  $P_1^{gr}$  Толща медистых песчаников нижней перми.
13.  $C_3^{ar(v)}$  Пестроцветные и серые песчано-глинистые породы (с редкими прослоями известняков и углей) араукаритовой толщи верхнего карбона.
14.  $C_{2+3}$  Песчано-глинистая толща (с прослоями известняков и пластами угля) верхнего и среднего карбона.
15. Выходы диабазовых брекчий.
16. Дизъюнктивные нарушения.
17. Те же нарушения, вскрытые выработками и предполагаемые.
18. Скважины (показан возраст пород забоя).

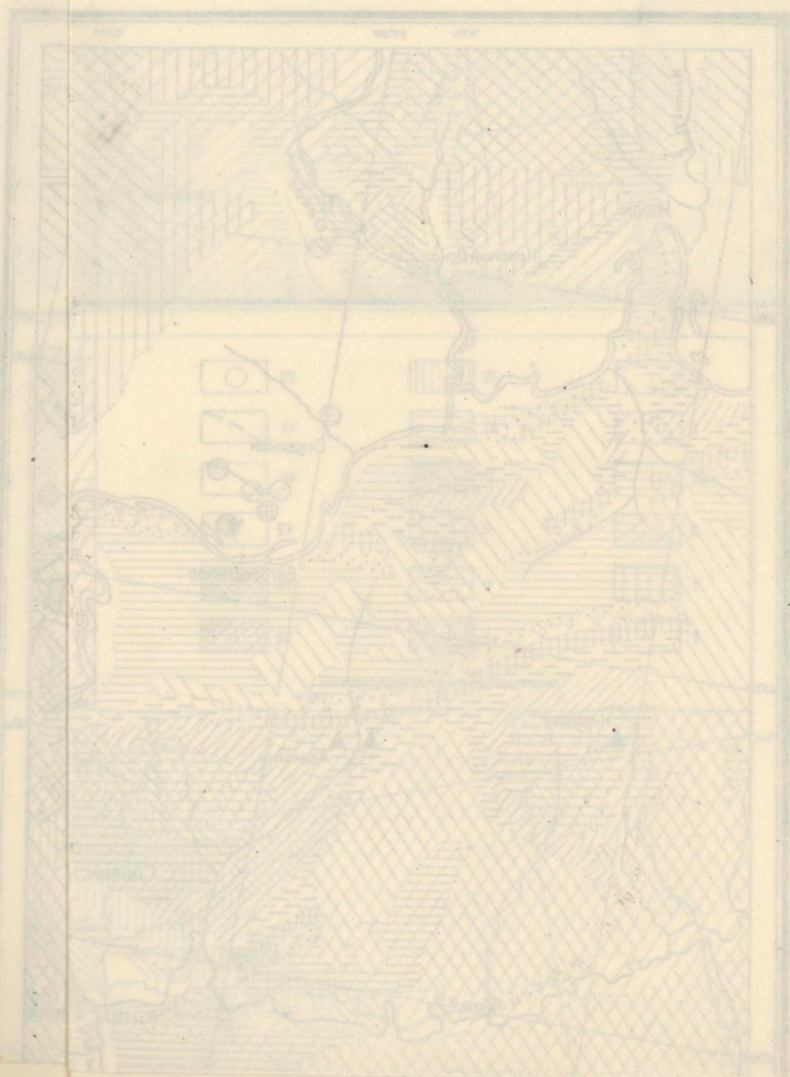
При составлении карты, кроме наблюдений автора, использованы материалы А. А. Борисяка, Н. Н. Яковлева, А. Д. Архангельского, Н. С. Шатского, одноверстной геологической карты Донбасса, Донбассуглеразведки и др.



КРАЕВЕДЧЕСКОЕ

ОПИСАНИЕ ПОСЕЛЕННЫХ МЕСТ

Составил Н. Ю. Давыдов 1946 г.





## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
От редакции . . . . .	5
Часть первая	
Предисловие . . . . .	9
Введение . . . . .	13
Из истории исследования донецкой перми . . . . .	13
Основные структурные элементы северо-западной окраины Донецкого бассейна . . . . .	21
Карбон:	
Араукаритовая толща . . . . .	25
Литология . . . . .	25
Флора и фауна. Возраст . . . . .	32
Пермь:	
Толща медистых песчаников . . . . .	37
Литология . . . . .	37
Флора и фауна. Возраст . . . . .	65
Условия образования толщи медистых песчаников . . . . .	67
Выводы . . . . .	95
Цитированная литература . . . . .	97





Сдано в набор 6-V—48 г.  
Подписано к печати 22-VI—48 г.  
Формат  $\frac{1}{16}$ . 7 печатн. листов. В печ.  
лите 45 000 типографских знаков  
БЦ 00351. Заказ 2260. Тир. 1000  
Тип. ХСХИ, ул. Артема, 44.

Сдано в набор 6-V--48 г.

Подписано к печати 22-VI—48 г.

Формат  $\frac{1}{16}$ . 7 печатн. листов. В печ.  
листе 45 000 типографских знаков

БЦ 00351. Заказ 2260. Тир. 1000

Тип. ХСХИ, ул. Артема, 44.



УИВ-14