

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
ТРУДЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
(г.Казань)
Выпуск 22

МАТЕРИАЛЫ РАБОЧЕГО СОВЕЩАНИЯ
ПО ПРОГНОЗУ МЕСТОРОЖДЕНИЙ САМОРОДНОЙ СЕРЫ
В ОСАДОЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ

Казань
1968

553.661(06)

УДК 553.661

Рабочее совещание по прогнозу месторождений самородной серы в осадочных образованиях состоялось при геологическом институте г.Казани 22-25 ноября 1966 г. В совещании приняли участие представители 16 научных и производственных организаций, осуществляющих прогнозные и поисково-разведочные работы на серных месторождениях страны. Были представлены: Министерство геологии СССР, Министерство геологии РСФСР, Министерство геологии УССР, Министерство геологии Узбекской ССР, Министерство химической промышленности СССР, Геологическое управление при Совете Министров Туркменской ССР.

На совещании были заслушаны доклады, сообщения и состоялся полезный обмен мнениями о принципах и методах прогноза и поисков серных месторождений, а также о их генезисе. Принятое решение предопределяет направление дальнейшего развития исследований в области геологической науки и практики.

В сборнике помещены материалы докладов, сообщений и выступлений, переданные в организационную комиссию. К сожалению, некоторые геологи своих докладов и сообщений к опубликованию не представили.

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
кандидат геолого-минералогических наук
Ю.В.СЕМЕНТОВСКИЙ

Материалы совещания издаются по решению секции полезных ископаемых РИСО ВИМСа от 23 июля 1967 г.

762306
КОНТРОЛЬНАЯ НАУЧНАЯ

А.С.Зверев

ЗАДАЧИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА САМОРОДНУЮ СЕРУ

В планах создания и развития материально-технической базы коммунизма исключительно большое значение придается вопросам химии. Решения партии и правительства четко определили прогрессивную роль химизации в развитии промышленности и сельского хозяйства нашей страны. Опережающие темпы роста химической промышленности, являющейся одной из ведущих отраслей развития народного хозяйства Советского Союза в текущем пятилетии, требуют соответствующего расширения ее минерально-сырьевых ресурсов, увеличения добычи различных полезных ископаемых и в том числе горно-химического сырья.

Для развития химической промышленности и других отраслей народного хозяйства очень важным является производство серной кислоты. Роль основного сырья для мировой серной промышленности принадлежит самородной сере, которая имеет значительные технологические и экономические преимущества, обеспечивающие возможность автоматизации процессов производства химических продуктов и получения высококачественных препаратов. Поэтому расширение сырьевых ресурсов для общего дальнейшего развития серной промышленности, наращивание запасов близ действующих предприятий и выявление новых крупных месторождений в районах, испытывающих дефицит в самородной сере, а также совершенствование существующих, разработка и внедрение новых наиболее совершенных методов и приемов прогнозирования, поисков и разведки, направленных на повышение эффективности геологоразведочных работ, являются важнейшими задачами исследований в области геологии месторождений самородной серы.

Научные и геологоразведочные исследования месторождений самородной серы, проведенные в годы первых пятилеток и особенно после Великой Отечественной войны, позволили создать крупные сырьевые базы серодобывающей промышленности в Предкарпатье, Поволжье и в Средней Азии. Введенные в строй, строящиеся и реконструируемые предприятия по добыче самородной се-



ры за последние годы резко увеличили выпуск продукции, удовлетворяя в основном потребности страны в этом сырье. По разведанным ресурсам самородной серы наша страна вышла на одно из первых мест в мире. Участники настоящего совещания для создания имеющейся сырьевой базы приложили много усилий и пришли к ряду важнейших теоретических выводов.

Однако эти результаты научных и геологоразведочных работ не должны рассматриваться с позиций самоуспокоенности. Разведанные сырьевые базы самородной серы размещаются на территории СССР крайне неравномерно. Огромная территория Сибири и Дальнего Востока вовсе лишена промышленных месторождений природной серы, что, естественно, сдерживает развитие здесь ряда важных отраслей промышленности. Реконструируемые и строящиеся предприятия по добыче серы ставят перед геологами новые задачи поисков и разведки серных месторождений в уже известных районах. Требуется дальнейшее наращивание запасов высоких категорий и выявление новых крупных месторождений. В настоящее время в Предкарпатье и Средней Азии проводятся подготовительные исследования по подземной выплавке серы. В ближайшее время намечается изучить возможность использования этого метода при эксплуатации Средневожжских месторождений. Таким образом, уже в настоящее время представляются необходимыми поиски и разведка серных месторождений, пригодных для эксплуатации геотехнологическим способом. Наконец, перспективы сероносности территории СССР изучены еще крайне недостаточно. В Северном Прикаспии, в бассейне Лены и Ангары, на Кавказе, в Западной Туркмении известны многочисленные находки самородной серы, однако, мы все еще не можем поставить на этих территориях поисковые геологоразведочные работы для выявления крупных промышленных месторождений. Эти территории требуют предварительного прогнозного изучения для выявления перспективных площадей, заслуживающих постановки оуровых работ.

Не все благополучно у нас с оценкой перспектив и методикой поисковых работ также и в районах известных месторождений. Так, например, в Средней Азии на протяжении длительного времени поисковые работы все еще не привели к открытию новых крупных месторождений. Установленная в последние годы законо-

мерная приуроченность рудных залежей Гаурдакского месторождения к зонам тектонического дробления вызывает необходимость в разработке новых эффективных методов поисков и разведки. В Предкарпатье, видимо, на большей части территории уже исчерпан фонд месторождений, которые могут быть выявлены поисковыми буровыми профилями. Мы не можем ориентировать поисковые работы в Предкарпатье только на путь разбуривания этого региона новыми более частыми профилями. Методика поисков и разведок вулканогенных месторождений Камчатки и Курильских островов также требует существенного совершенствования.

Таким образом, успешное решение задач по расширению известных и созданию новых сырьевых баз самородной серы возможно только по пути усиления научных исследований. Отечественная геологическая наука о месторождениях самородной серы за последние годы получила значительное развитие. А.С.Соколовым, А.И.Отрепко, И.И.Алексенко, Н.П.Юшкиным, В.Д.Коганом выявлены общие закономерности размещения и строения серных месторождений в осадочных образованиях, в Г.М.Власовым исследованы вулканогенные месторождения. Закономерности, установленные при изучении известных месторождений, требуют для решения конкретных задач поисков новых месторождений дальнейшей теоретической разработки. В геологической науке с серных месторождений имеется ряд все еще не разрешенных проблем. Не всегда ясны гидрогеологические и гидрохимические условия формирования сероносных залежей, структурно-тектонические условия образования месторождений типа Гаурдакского, вопросы восстановления палеогеографических и палеогидрохимических условий, проблемы сохранности серных месторождений от карстовых разрушений и некоторые другие. Еще чувствуется сильное отставание в деле крупномасштабного прогнозирования, в задачу которого, наряду с оценкой сероносности, должна входить также и разработка практических приемов поисковых работ применительно к конкретным условиям. Тем не менее, уже известные закономерности позволяют в настоящее время научно обоснованно давать прогнозные оценки и составлять прогнозные карты сероносности тех или иных территорий.

На настоящем совещании предстоит рассмотреть результаты прогнозных исследований и прогнозные карты сероносности огромной территории Поволжья и Предуралья. Ряд положений этой работы заслуживает весьма пристального внимания. Проведенные исследования позволили выделить новые сероносные регионы в Поволжье и Предуралье, а также в первом приближении наметить геологические контуры Восточноевропейской сероносной провинции. Это одна из первых крупных работ по составлению прогнозных карт сероносности. Участникам совещания необходимо изучить опыт этих исследований и применить его применительно к геологическим условиям других регионов, где начаты или намечаются работы по составлению прогнозных карт. Весьма важным представляется обмен информацией и мнениями по прогнозным и поисковым исследованиям в других регионах Советского Союза.

Следует надеяться, что в результате работы совещания будут намечены дальнейшие направления в области прогнозирования и поисков месторождений самородной серы.

Управление неметаллов МГ СССР.

ДОКЛАДЫ И СООБЩЕНИЯ

А.И.Отрепко

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОГНОЗНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЕРОНОСНОСТИ ВОСТОЧНОЕВРОПЕЙСКОЙ ПРОВИНЦИИ

Прогнозная оценка перспектив сероносности в Поволжье имела место на различных этапах изучения серных месторождений. Так в 1864 г. Н.Озерский при обследовании месторождений (Серная Гора, Сукеевское) и находок серы в Поволжье пришел к выводу о возможности выявления серных месторождений на междуречье притоков Волги-Соки и Самары. Этот прогноз подтвердился в 1931-1936 гг. открытием здесь Средневожской группы серных месторождений. Г.Я.Бородаев в 1938 г., исходя из представлений о приуроченности серных месторождений к куполообразным нефтегазовым структурам, для района Средневожских месторождений составил первую прогнозную карту. В последующем, при геологоразведочных работах, было установлено, что основное число куполообразных структур Г.Я.Бородаева возникло в результате карстовых процессов, и его прогнозные построения получили существенные коррективы.

Выявленные нами в 1954-1961 гг. закономерности строения и размещения серных месторождений Средневожского бассейна позволили привлечь к прогнозным исследованиям новые факторы и на их основе, начиная с 1957 г., составить ряд прогнозных карт, в их числе прогнозные карты сероносности Поволжья, Предуралья и Восточноевропейской провинции. Непосредственно для проведения поисковых работ были составлены прогнозные карты различных масштабов, которые оказали действительную помощь в поисках и изучении серных месторождений, выявлении и картировании новых сероносных площадей Куйбышевской области.

Методика прогнозных исследований заключалась в составлении ряда специализированных вспомогательных карт, с помощью которых проводился анализ каждой из закономерностей размещения и строения серных месторождений применительно к исследуемой территории, с последующим составлением сводных прогнозных карт.

К числу закономерностей строения и размещения Средне-вожских серных месторождений относятся:

- 1) литолого-стратиграфическая приуроченность сереносных залежей;
- 2) структурно-текстурные особенности и состав серных руд;
- 3) изменение количества осерненных горизонтов и их мощности;
- 4) связь месторождений серы с долинами доплиоценовых разрывов;
- 5) связь сероносности и нефтегазоносности;
- 6) гидрогеологические особенности серных месторождений;
- 7) карст и его влияние на сероносные залежи;
- 8) геоструктурные условия размещения серных месторождений.

Характеристика этих закономерностей по материалам Средневожских месторождений приведена в опубликованных и фондовых работах. Исследования, проведенные на территории Восточноевропейской провинции, вносят в известные закономерности ряд коррективов, а также выявляют некоторые новые особенности.

Литологическая приуроченность и стратиграфическое размещение серы. В настоящее время общепризнано, что наличие самородной серы в толщах осадочных пород находится в тесной генетической связи с их сульфатносностью. Основные известные серные месторождения, и среди них наиболее крупные, размещаются в сульфатно-карбонатных комплексах. Исследованная территория Поволжья и Предуралья располагается в пределах огромного региона развития сульфатно-карбонатных пород верхнего палеозоя. Основную, а иногда и резко преобладающую часть среди них составляют сульфатно-карбонатные отложения пермской системы, они же в основном оказались в условиях, благоприятных для формирования сероносных залежей. Пермская система характеризуется широким развитием не только сульфатно-карбонатных, но и терригенных, а также переходных между ними карбонатно-терригенных отложений. Анализ литолого-фациального состава, применительно к прогнозным построениям на серу, выполнен И.Н. Тихвинским

(нижняя пермь) и Ю.В. Сементовским (верхняя пермь). На специализированных картах в объеме ярусов и горизонтов показаны с необходимой деятельностью литолого-фациальные зоны изменения мощностей отложений, а также сводные построения по взаимному их расположению в начале верхнепермского седиментационного цикла и в связи с раскрытостью пермских образований долинами неогеновых разрывов.

Как и на большинстве других серных месторождений, серное оруденение Средневожского бассейна в подавляющей массе размещается в карбонатных и карбонатсодержащих породах. Новые находки серы в Поволжье и Предуралье также связаны с карбонатными породами. Имеющиеся материалы о месторождениях и находках серы в Поволжье и Предуралье показывают, что на изученной территории наличие серы установлено почти во всем комплексе палеозойских отложений начиная с верхов девона (Башкирия, Предтимианье). Серопоявления в девоне и карбоне (Башкирское, Пермское Предуралье, Предтимианье, Саратовская область) немногочисленны. Основное число находок приурочено к перми: артинскому, кунгурскому и казанскому ярусам; из них в Поволжье преобладает оруденение в казанском ярусе. На различных площадях изученной территории наблюдается смещение серного оруденения в разновозрастные стратиграфические горизонты.

Сульфатно-карбонатные комплексы палеозоя, их раскрытость и палеогеографическая приуроченность сероносности. Было установлено, что в районе Средневожских месторождений сероносные залежи располагаются вдоль долин неогенового разрыва. На площадях, где продуктивная толща перекрыта образованиями татарского яруса, промышленное оруденение характерно только для II горизонта (верхняя часть дубровинской толщи казанского яруса). Там же, где отложения татарского яруса подверглись доплиоценовому размыву, в сульфатно-карбонатной толще казанского яруса получили развитие сероносные залежи верхних пяти горизонтов, имеющих к тому же увеличенные мощности (водянская, дубровинская и падовская толщи). При увеличении мощности отложений татарского яруса до 100 м. и более серное оруденение в сульфатно-карбонатных отложениях

В связи с этим при прогнозных исследованиях возникла необходимость составления палеогеологической карты со снятием структурно-картировочными образованиями. Построение такой карты осуществлялось с использованием всех материалов структурно-картировочного бурения (использовано порядка 20 тыс. разрезных кернов), а также палеогеографических карт других авторов: С.А. Бурякова, А.И. Башлева и других. Многочисленные находки ископаемых растений в Поволжье и Предуралье при ревизионном бурении материалов структурно-картировочного бурения, расположенных на площадях, где над сульфатно-карбонатной толщей отлагается терригенная "покрышка" или мощность ее не превышает 10 м. В связи с этим в пределах Восточноевропейской провинции выделены сероводородные бассейны: Волжский, Предуральский и Северный Предуралья. Долины неогенового размыва и районы выноса сульфатно-карбонатных толщ изучены с различной детальностью. Это в свою очередь определяет и детальность прогнозных исследований. В настоящее время долины неогенового размыва в Предуралье и Предуральского прогиба изучены еще недостаточно. При изучении материалов по этому региону нами намечены некоторые участки для изучения и картирования неогеновых образований.

Формирование разрезов палеозоя и формирование толщ неогенового размыва в Поволжье и Предуралье происходили в связи с процессами неотектонических движений, отображающими крупную тектоническую структуру /Рисовалер, 1962 /:

- 1) палеоген /олигоцен/ - начало неогена /миоцен/, характеризовались поднятия, дифференцированные по крупным структурным неотектоническим элементам;
 - 2) миоцен - с общими преобладающими нисходящими движениями и локальными темпа восходящих движений;
 - 3) четвертичный (четвертичный) период с преобладанием нисходящих движений, дифференцированно проявляющихся в пределах макротектонических элементов.
- В соответствии с принятой методикой прогнозной оценки на территории Поволжско-каспийской докайнозойской поверхности и на протяжении четвертичного периода выделены следующие комплексы:
- 1) Волжско-Каспийские терригенные и карбонатные отложения за пределами территории. На правобережье Волги в кон-

турах мезозоя объединены и образования палеогена.

2. Верхняя пермь. На палеогеологической карте верхнепермские отложения показаны с детальностью разделения до ярусов. На карте прогноза сероводородности произведено разделение толщи верхней перми на сульфатно-карбонатный (казанский ярус) и терригенный комплексы. В составе верхнепермского терригенного комплекса объединены образования уфимского, казанского и татарского ярусов.

3. Нижняя пермь разделена с детальностью до ярусов. На карте прогноза сероводородности выделяются комплексы, сложенный преимущественно терригенными и терригенно-карбонатными отложениями, а также сульфатно-карбонатный комплекс.

Указанная нагрузка на картах разнообразных масштабов обеспечивает необходимую детальность выделения площадей, перспективных на серу.

Комплексы сульфатно-карбонатных отложений в Поволжье и Предуралье подверглись интенсивным гипергенным изменениям, которые сопровождались образованием и разрушением залежей. Наличие серы в той или иной части разреза увязывается с размывом соответствующего стратиграфического горизонта в неогене. В Поволжье находки серы приурочены к сульфатно-карбонатным отложениям казанского яруса, нижней перми и карбона. В Предуралье находки самородной серы размещаются в пределах территории неогенового размыва образований нижней перми, карбона и девона.

Гипергенные процессы в палеозойских отложениях Поволжья и Предуралья. Л.М. Миропольским (1956) при изучении минеральных парагенезов пермских отложений Татарии была выделена мощная кора выветривания, в составе которой различаются следующие зоны:

- 1) зона разложения с преимущественным накоплением остаточных продуктов выветривания;
- 2) зона разложения и выщелачивания с некоторым выносом продуктов распада и частичным осаждением вторичных минералов;
- 3) зона цементации-естественного синтеза и консолидации главной массы продуктов распада, получающихся в верхних двух зонах.

Гипергенные изменения разрезов палеозоя происходят:

1) под действием вод поверхностного происхождения; 2) в связи с процессами миграции нефти, газов нефтяного происхождения и минерализованных вод из каменноугольных и девонских отложений. В верхней части коры выветривания, расположенной над базисом эрозии, при действии вод поверхностного происхождения развиваются в основном карстовые процессы: дегипсовитизация, декарбонизация (декальцитизация), дегалитизация, обоживание, малахитизация и азуритизация, доломитизация.

В нижней части коры выветривания, расположенной ниже базиса эрозии, при действии углеводородов и вод глубинного происхождения преобладающее развитие получают процессы кальцитизации, сульфидизации (пиритизации), окремнения и образования самородной серы.

Нами изучены обе зоны гипергенных изменений отложений Поволжья и Предуралья, сформировавшиеся в результате эрозионных врезов в палеозойские образования долин неогеновых равнин. Материалы исследований обобщены на карте неоген-четвертичного карста и на карте изменения глубин и мощностей сероносного комплекса. При составлении этих карт использован один и тот же методический подход. По данным разрезов скважин определялись отметки подошвы неоген-четвертичного карста (верхней зоны разложения и выветривания) и подошвы сероносного комплекса, а также мощности карстового этажа и сероносного комплекса. На картах произведено построение изогипс подошвы неоген-четвертичного карста и сероносного комплекса, а также выявлены закономерные изменения их мощностей. Обе карты составлены с использованием тектонической основы. Гипергенные изменения сульфатно-карбонатных комплексов определяются гидрогеологическими и гидрохимическими условиями исследуемой территории.

Гидрохимическая зональность и ее основные закономерности. Образование месторождений самородной серы теснейшим образом связано с гидрогеологическими и гидрохимическими условиями территории и инфильтрационным превращением сульфатно-карбонатных комплексов. Воды приносят к месту формирования сероносных залежей основные компоненты: сульфаты, сероводород и углеводороды, а

их состав, по-видимому, является определяющим как для возникновения условий, так и для направленности процесса серообразования.

На основе различий в составе и минерализации вод, в вертикальном разрезе осадочной толщи выделяется ряд гидрохимических и гидродинамических зон. Нами используется выделение гидродинамических зон по А.Н.Козину (1959), в основу которого положены факторы качественного состава вод:

- 1) зона бессероводородных пресных и соленоватых вод, часто содержащих кислород (зона активного водообмена);
- 2) зона сероводородных вод (зона затрудненного водообмена);
- 3) зона железосодержащих высокобромных вод (зона востойного режима).

В связи с гидрогеологической раскрытостью гидрохимическая зональность исследований территории изменяется в довольно широких пределах. Эти изменения группируются М.И.Зайдельсоном и А.Н.Козиным в пять типов гидрохимических разрезов, которые нами используются для гидрохимического районирования и оценки перспектив нефтегазоносности Куйбышевской области. Принципы М.И.Зайдельсона и А.Н.Козина применены нами при составлении карты гидрохимического районирования всей территории Волго-Уральской области. Здесь выделяются гидрохимические районы: Луковско-Могутовский, Пермско-Башкирский свода, южной вершины Татарского свода, Сызранско-Зольненской и Куйбышевский. Границы гидрохимических районов Луковско-Могутовского и Пермско-Башкирского свода проведены по изолинии содержания в пермских и нижнекаменноугольных водах брома 600 мг/л, что позволило очертить районы развития вод востойного режима, лишенных высоких концентраций сульфатов и сероводорода. Территория развития в каменноугольных отложениях сульфатных сероводородных вод выделена изолиниями содержания сульфатов 1000 мг/л. Для Куйбышевского гидрохимического района характерно резкое повышение содержания сульфатов до 1530 мг/л в водах карбона и некоторое повышение содержания сульфатов в водах среднего и верхнего девона. Площадь особо высоких содержаний сульфатов сероводорода Куйбышевского гидрохимического района совпадает со Средневожским сероносным бассейном. Небольшие подрайоны с содержанием сульфатов в водах более 1000 мг/л имеются

в гидрохимическом районе южной вершины Татарского свода. На составленной нами карте гидрохимической зональности сняты смешанные воды пестрого состава, присущие разрезам верхнего карбона и перми, и это позволило выявить изменение гидрохимической зональности в глубокозалегающих горизонтах, происшедшее в связи с неогеновыми размывами палеозойской толщи пород. Изменение гидрохимической зональности в пределах Предуральяского сероносного бассейна требует дальнейших исследований. В общей сложности смешение вод поверхностного и глубинного происхождения распространяется по разрезу значительно глубже сформировавшейся коры гипергенно измененных пород.

Геотектоническая приуроченность сероносного комплекса. Установление закономерной связи Средневожских серных месторождений и сероносных площадей в Поволжье и Предуралье с долинами неогенового размыва сульфатно-карбонатных комплексов поставило перед нами задачу изучения прежде всего неотектонических движений и их роли в формировании сероносного комплекса. Для изучения неотектонических движений используется карта неоген-четвертичного карста. Отметки подошвы неоген-четвертичного карстового этажа отображают положение древнего базиса. Движения, происшедшие со времени наиболее глубокого вреза долин неогенового размыва, определили современную гипсометрию подошвы карстового этажа, современные отметки ее отражают размах неотектонических движений. Карта неотектонических движений используется в исследовании парагенезиса серы и нефти. Построение карты неотектонических движений позволило произвести общую оценку этих движений территории, их различную интенсивность для тектонических элементов 1 порядка-сводов, внутриплатформенных и предгорных впадин. Важнейшей особенностью неотектонических движений является их унаследованность по отношению к тектоническому плану, определенному герцинским орогенозом. Интенсивность движений сводовых структур в новейшее время сравнительно незначительная - отметки подошвы неоген-четвертичного карстового этажа здесь изменяются от плюс 100 до минус 100 м. Однако для внутриплатформенных впадин Мелекесской и Верхнекамской характерно погружение слоев в результате неотектонических движений до 400-600 м в бортовой части Прикаспийской впадины до 800, а в Предураль-

ском прогибе до 1000 м и глубже.

С размахом неотектонических движений связаны мощность и гипсометрическое положение подошвы сероносного комплекса. Так в северной бортовой части Мелекесской впадины отметки подошвы сероносного комплекса минус 50-минус 100 м, а в центральной части до минус 250-минус 300 м, в районе же Ставрополя до минус 400 м. К северо-востоку от Куйбышева подошва сероносного комплекса приподнята до нулевых и даже плюсовых отметок, но по восточному обрамлению Жигулевского вала она погружена до минус 200 м и глубже. Второй участок повышенного положения подошвы сероносного комплекса характерен для района среднего течения реки Сок и Елховско-Боровского вала. В Предуралье подошва сероносного комплекса погружается до минус 400 м к западу, в направлении Верхнекамской впадины, а к востоку, в направлении и в пределах Предуральяского прогиба - до минус 400, минус 1000 м и глубже.

Изменение мощности сероносного комплекса также характеризуется определенными закономерностями. В Среднем Поволжье, в Закамье, преобладает мощность рудоносного комплекса до 25 м. От Сюкеевского месторождения до г. Ульяновска и несколько южнее выделяется площадь, где мощности сероносного комплекса 25-50 м. В районе Елховско-Боровского вала и далее к востоку располагается площадь, на которой мощность сероносного комплекса 50-100 м. У г. Куйбышева, на восточном продолжении Жигулевского вала, мощность сероносного комплекса повышается до 100-200 м.

В Пермском Предуралье центральная часть Пермско-Башкирского свода имеет мощность сероносного комплекса до 25 м. По западному обрамлению, в направлении Верхнекамской впадины, мощность увеличивается до 25-50 м, а на отдельных участках и до 50-100 м. В направлении же Предуральяского прогиба (район г. Красноуфимска) на сравнительно небольшом расстоянии мощность сероносного комплекса увеличивается до 263 м.

В Башкирском Предуралье увеличение мощности рудоносного разреза в направлении Предуральяского прогиба и особенно в его пределах проявляется весьма четко. Платформенная часть сероносной территории характеризуется мощностью оруденения 0-25, 25-50 м, в бортовой части Предуральяского прогиба - 50-100, 100-200 м и в прогибе 200-400 м и более. В Среднем Поволжье

максимальная мощность сероносного комплекса приурочена к структурам II порядка - Елховско-Боровскому и Жигулевскому валам. В Предуралье в неотектонических движениях, по-видимому, приняты участие крупные тектонические структуры I порядка. С углублением древних базисов эрозии и изменением амплитуды движений в различных частях структур I и II порядков сульфатно-карбонатные комплексы подверглись инфильтрационным преобразованиям на различную глубину. Резкое увеличение мощности сероносного комплекса отмечается на территории, сопредельной с Предуральским прогибом - именно в той части, которая, по-видимому, характеризовалась наиболее интенсивными неотектоническими движениями.

П а р а г е н е з и с с е р ы и н е ф т и . Парагенезис серы и нефти, или, в более широком плане, взаимосвязь сероносности региона, отдельного месторождения, участка с битуминозностью вмещающих пород, газонефтеносность территории, а также отдельных ее частей, являются одним из кардинальных вопросов как в области изучения месторождений самородной серы, так и при исследованиях месторождений нефти и газа.

Нами предпринята попытка оценки роли неотектонических движений в формировании и преобразовании залежей как углеводородов, так и серы, и на этой основе - изучение их парагенезиса. О закономерностях изменения гипсометрии и мощности сероносного комплекса в связи с неотектоническими движениями упомянуто выше. Рассмотрим роль неотектонических движений в размещении месторождений нефти и газа.

Для карты парагенезиса серы и нефти использованы сведения о промышленных залежах нефти. Область их распространения разделена на зоны залежей нефти в девонских, каменноугольных и пермских отложениях. Из параметров, характеризующих нефть, использованы только величины содержания серы в нефти верхней промышленной залежи. В качестве тектонической основы использована карта неотектонических движений.

Альпийские орогенические движения в Волго-Уральской области оказали существенное влияние как на формирование отдельных месторождений нефти и газа, так и на закономерное размещение нефтегазоносных зон. Залежи нефти в девонских отложениях приурочены в основном к южной вершине Татарского свода и к Оренбургскому своду. Сравнительно меньшая территория нефтеносных

девонских отложений выделяется в южной части Пермско-Башкирского свода. Небольшие участки промышленной нефтеносности в девоне имеются и в северо-восточной части Пермско-Башкирского свода, на Самарской Луке и в районе Покровского месторождения. Промышленная нефтеносность в девонских отложениях контролируется тектоническими зонами, которые в неогене характеризовались некоторыми воздыманиями и стабильным положением, а также погружениями до 100 м. Территория промышленной нефтеносности каменноугольных отложений более обширна. Она и определяет основные контуры Волго-Уральской газонефтеносной области. Промышленные концентрации нефти в каменноугольных отложениях характерны для зон неотектонических движений, где распространены девонские нефти (за исключением района Альметьевска), а также распространяются и на зоны неотектонических погружений до 400 м и более во внутриплатформенных впадинах и прогибах, в том числе Мелекесской, Бузулукской, Радаевско-Абдуллинской, Бирской и Верхнекамской. Промышленная нефтеносность пермских отложений характерна в основном для территории Оренбургского свода, где развиты мощные терригенные отложения татарского яруса и сохранился разрез водоупорных галогенных образований нижней и верхней перми. Контуры промышленной нефтеносности в пермских отложениях в основном не выходят за пределы зоны неотектонических погружений до 100 м, и только для района Кулешовского месторождения контур промышленной нефтеносности в перми протягивается в зону погружения, несколько превышающую 200 м.

Иные закономерности существуют для нижнепермских и каменноугольных коллекторов в Предуральском прогибе, в Башкирии. Здесь нефтегазоносны рифовые массивы, характеризующиеся наличием хороших галогенных и терригенных покрышек пермского возраста. Это район особого геологического строения и, видимо, иных условий формирования месторождений нефти и газа, отличных от месторождений платформенной части Волго-Уральской области.

На карте парагенезиса серы и нефти нанесены общие контуры территорий, на которых известны и прогнозируются находки самородной серы. Сероносные территории как в Поволжье, так и в Предуралье приурочены к зонам различной амплитуды неотектонических движений. Но во всех случаях сероносным территориям

п. 69.306

выявлен новый сероносный регион, расположенный в Закамье и Ульяновском Заволжье. Здесь издавна известно Спеевское месторождение самородной серы. В Закамье и Ульяновском Заволжье выделена обширная сероносная территория с многочисленными находками самородной серы, где высокоперспективными для постановки поисковых работ представляются площади в районе сел Старая Майна, Красная Река, Шмелевка и площади южнее Спеева. Севернее Камы, ввиду развития глубинного карста с образованием доломитовой муки, площади для постановки поисков мало перспективны. Представляет интерес для ревизионных работ Кстовская площадь в Горьковской области. В Саратовском Заволжье серовмещающие породы подверглись интенсивному карстовому разрушению, сера выявлена на глубинах 510-957 м. Район для постановки поисковых работ мало перспективен.

Предуральский сероносный бассейн выделяется впервые. Он располагается в пределах Предтимианского и Предуральского прогибов, доходя на юге до Прикаспийской впадины. В отличие от Волжского, Предуральский бассейн характеризуется несравненно меньшей интенсивностью карстового разрушения серовмещающих комплексов. В Пермском Предуралье западный контур сероносного бассейна проведен условно, так как на этой территории отсутствуют материалы по неогеновым долинам. К высокоперспективным отнесены площади, сопредельные с запада выходам на дневную поверхность образований филипповского горизонта и артинского яруса. Этот район структурным бурением охарактеризован слабо. К востоку от этой зоны выделяется территория, перспективная для поисков серных месторождений. Здесь в кровле карбонатного комплекса сульфатные породы отсутствуют. Предполагается, что сульфаты на эту территорию привносились с водами. К перспективным для поисков относится также территория выходов на дневную поверхность сульфатно-карбонатного комплекса иреньского горизонта кунгурского яруса. Здесь условия формирования сероносных залежей в карбонатной толще филипповского горизонта были затруднены, но серообразование могло происходить и в карбонатных пачках, переслаивающихся с пачками гипсов и ангидридов иреньского горизонта. Западнее, где сульфатно-карбонатные образования кунгурского яруса перекрыты преимущественно отложениями уфимского и казанского ярусов, условия

для формирования сероносных залежей представляются еще более затрудненными. Эта территория относится к мало перспективным. К западу и юго-западу от г. Красноуфимска, в зоне сочленения Пермско-Башкирского свода и Предуральского прогиба, на территории выходов образований артинского яруса глубина неоген-четвертичного карста (видимо, и его интенсивность) увеличивается. Ввиду отсутствия в разрезе сульфатных образований условия формирования сероносных залежей были затруднены, а в последующем на этой территории получили развитие интенсивные карстовые процессы. Поиски серных месторождений в этом районе представляются мало перспективными.

Перспективы сероносности Предуральского прогиба к северу от Каратауского массива остаются невыясненными. Здесь известны находки самородной серы. Следовательно, на этой территории происходили процессы серообразования. Но литологический состав уфимского, артинского и сакмарского ярусов подвержен быстрым изменениям, что требует дальнейших исследований с применением буровых работ.

Перспективы сероносности Башкирского Предуралья отличаются некоторыми своеобразными чертами. Здесь, по имеющимся материалам, не представляется возможным выделить высокоперспективную для постановки поисковых буровых работ территорию. В северной части Башкирской АССР, в пределах Пермско-Башкирского свода, в зоне выходов на дневную поверхность карбонатных образований филипповского горизонта и маломощных разрезов иреньского горизонта кунгурского яруса по правобережью р. Уфы выделяются два участка, перспективных для поисков серных месторождений. Один из них, на севере, примыкает к перспективной на серу территории Пермского Предуралья. Здесь карстовое разрушение сульфатно-карбонатного комплекса развито сравнительно неглубоко. Другой участок выходов на дневную поверхность артинского яруса и отдельных останцов филипповского горизонта, расположенный в зоне сочленения Пермско-Башкирского свода и Предуральского прогиба, рассматривается нами как мало перспективный.

К мало перспективной для поисков самородной серы относится также территория выходов кунгурского яруса на дневную поверхность и под неогеновые отложения (в западной части Пермско-

Башкирского свода в Бирской седловине и на моноклинальном склоне Русской платформы). На этой территории карбонатные породы филипповского горизонта и артинского яруса перекрыты мощной толщей гипсов и ангидритов иренского горизонта, среди которых выделяются и пласты каменной соли. Эта толща, по-видимому, препятствовала интенсивным инфильтрационным процессам. Здесь известно значительное количество находок самородной серы, но они, видимо, представляют в основном минералогический интерес.

К югу от Каратауского массива Предуральский прогиб при поисках, разведках и эксплуатации месторождений нефти в рифовых массивах подвергся разбуриванию преимущественно вдоль западного борта. В рифовых массивах выявлены многочисленные находки самородной серы. В направлении Предуральского прогиба и в самом прогибе резко увеличивается мощность сероносного комплекса, достигая величин 400-600 и даже свыше 1000 м. Мощности сероносного комплекса, установленные в Предуральском прогибе, являются уникальными - они значительно превышают мощности сероносных залежей в кепроках соляных куполов Северной Америки и Мексики. Серное оруденение в ряде случаев охватывает рифовые массивы на всю глубину их размещения в гипсово-ангидритовой толще кунгурского яруса. Здесь мы наблюдаем своеобразный, еще не известный в литературе, тип серного оруденения карбонатных толщ-рифовых массивов, находящихся в толще сульфатных пород. Эта территория представляется нам как один из первоочередных объектов поисковых работ. Видимо, здесь могут быть выявлены месторождения самородной серы, не уступающие по своей значимости кепрокам куполов побережья Мексиканского залива.

В центральной части Бельской депрессии, а южнее - в районе с.Ишимбаево и в пределах всего прогиба галогенный комплекс кунгурского яруса перекрыт терригенными отложениями уфимского, казанского и татарского ярусов. В Оренбургском Предуралье кунгурские гипсы и ангидриты выведены на дневную поверхность только в пределах отдельных солянокупольных структур. Гипергенные изменения разрезом в пределах этих структур еще не изучены. Эта территория требует дальнейших исследований.

Образование самородной серы в сульфатно-карбонатных комплексах, в связи с их раскрытостью, подтверждается находками ее в новых районах. В этом отношении интересны находки серы, выявленные В.В.Свчинниковым на Вязово-Чуфаровской, Пономаревской площадях и на Соболевском профиле. В районах Бугуруслана и Пономаревской площади серопроявления расположены на участках выходов казанского яруса под неогеновые образования или на дневную поверхность. Контуры площадей новых возможных находок серы нами определены на основе общего принципа включения в перспективную зону разрезов казанского яруса с мощностью перекрывающих отложений татарского яруса не более 50-100 м. В районе Вязово - Чуфаровской площади (район Бугурусланской впадины) долины неогенового размыва, вскрывшие казанский ярус, еще не установлены, но, видимо, мы можем предполагать их существование. В Оренбургской области постановки единичных поисково-ревизионных скважин заслуживает только район г.Бугуруслана, другие площади представляются малоперспективными.

По отношению к другим районам Восточноевропейской сероносной провинции можно наметить только первоочередные территории прогнозных исследований.

В Предтима́нье известно Дюмерское месторождение серы; кроме того, в выходах на дневную поверхность сера установлена в бассейне р.Мезенская Пижма и на крыльях Большепорожской структуры в среднем течении р.Вымь. Территория Предтима́нского прогиба и сопредельной части Русской платформы требует детальных прогнозных исследований, которые, видимо, позволят выявить площади, заслуживающие постановки поисковых работ.

Сероносный бассейн Северного Прикаспия. Ключевыми проблемами вопросами геологии Северного Прикаспия, от решения которых, видимо, зависит и оценка перспектив сероносности, являются: 1) проблема солянокупольной тектоники; 2) проблема гипергенных изменений галогенных образований.

В настоящее время все большее число исследователей приходит к выводам о решающей роли неотектонических движений в формировании и размещении солянокупольных зон Северного Прикаспия. Мы также считаем необходимым исследование перспектив сероносности проводить с позиций изучения размаха и роли нео-

В Волжском бассейне выделяются две-три сероносные зоны, которые в районе Средневолжских месторождений, в Закамье и Ульяновском Заволжье размещаются в верхнекамазских, нижнекамазских и нижнепермских отложениях, а в Саратовском Заволжье - в нижнепермских и каменноугольных отложениях. Соотношение мощности сероносных зон, осерненных горизонтов и разделяющих их безрудных интервалов приведено в табл.1.

Таблица 1

Сероносные зоны и горизонты Водинского месторождения
Центральный участок, скв.45/29

Зона, горизонт	Интервал оруднения, м		Мощность оруднения, м	Мощность безрудного интервала, м
	от	до		
1 сероносная зона	12,7	44,0	31,3	
Горизонты:				
1	12,7	12,8	0,1	2,8
II	15,6	17,3	1,7	7,2
III	24,5	28,8	4,3	4,2
IV	33,0	36,9	3,9	
V	36,9	40,6	3,6	1,6
VI	42,2	44,0	1,8	19,0
VII	63,0	72,0	9,0	
II сероносная зона,				
Интервалы	63,0	65,0	2,0	
повышенной концен-				3,7
трации серы	68,7	72,0	3,3	

В Предуральском бассейне установлено от одной до шести сероносных зон. При этом в пределах Пермско-Башкирского свода и моноклиналиного склона Русской платформы обычно выделяется одна-две зоны. На территории, сопредельной с Предуральским прогибом число зон увеличивается до трех-четырех. В про-

гибе же на территории Башкирии установлено четыре-шесть сероносных зон. Иллюстрируется табл.2.

Таблица 2

Сероносные зоны и сероносный комплекс верхнего палеозоя
Поволжья и Предуралья

Район, тектоническая структура	Сероносная зона	Интервал оруднения, м		Мощность оруднения, м	Мощность безрудного интервала, м
		от	до		
Закамье, Татарская АССР, Мелекесская впадина (северный борт), скв.198	I	112,0	120,5	8,5	18,3
Старомайнинская	II	138,8	145,0	6,2	
		112,0	145,0	33,0	
Саратовское Заволжье, северный борт Прикаспийской впадины, скв.96	I	721,1	728,0	6,9	35,6
Римско-Корсаковская	II	763,6	801,2	37,6	24,6
	III	825,8	834,1	8,3	
		721,1	834,1	113,0	
Пермское Предуралье, Пермско-Башкирский свод, скв.475	I	531,2	543,7	12,6	20,0
Батырбайская	II	563,7	571,1	7,4	18,8
	III	589,9	592,9	3	
	IV	609,3	610,2	0,9	
		531,2	610,2	79,0	
Башкирское Предуралье; склон Русской платформы, скв.388	I	323,3	361,7	38,4	
Кармаскалинская	II	448,0	451,20	3,2	
		323,3	451,2	127,9	
Предуральский прогиб, скв.1	I	244,0	274,0	30,0	27,7
Воскресенская	II	301,7	304,3	2,6	65,7
	III	370,0	383,0	13,0	29,0
	IV	412,0	472,0	60,0	330,0
	V	802,0	812,0	10,0	
	VI	901,9	904,6	3,7	
		244	904,6	660,6	

Характер строения сероносного комплекса приводит к мысли, что серообразование на Средневолжских месторождениях и на огромной территории Поволжья и Предуралья обуславливалось единными генетическими процессами. Накопление самородной серы происходило в зонах смешения сульфатных сероводородных и хлоридно-натриевых, хлоридно-кальциевых вод. Оно шло на ряде уровней, которым соответствуют наблюдаемые ныне рудоносные горизонты. Безрудные интервалы, разделяющие горизонты, являются следствием изменений уровня, что связано с изменением базиса эрозии, а также с литологическим составом толщ. Наличие осерненных горизонтов и сероносных зон отображает ритмичность неотектонических движений, приводивших к изменению базисов эрозии и возникновению ряда зон смешения вод.

Мощности сероносного комплекса в Поволжье и Предуралье изменяются от первых десятков до нескольких сотен метров. В Поволжье наиболее высокие мощности сероносных разрезов выявлены на восточном продолжении Жигулевского вала (порядка 100 - 200 м), в районе Елховско-Боровского вала (50-100 м), Камenskого и Раковского валов (25-50 м). В Закамье повышенные мощности 25-50 м ассоциируют с Пичкаско-Бугровским валом.

В Пермском Предуралье в центральной части сероносной территории мощность сероносных разрезов доходит до 25 м. Увеличение мощности до 50, а в отдельных местах до 100 м наблюдается по западному обрамлению в направлении Верхнекамской впадины и на восток в направлении Предуральского прогиба. В районе Красноуфимска на сравнительно небольшом расстоянии мощность сероносного комплекса увеличивается до 263 м.

Не менее четко увеличение мощности в сторону Предуральского прогиба проявляется и в Башкирском Предуралье. Здесь в платформенной части мощность рудоносного разреза 25-50 м, в пределах же прогиба постепенно нарастая она составляет уже 400 м и более. Скважиной № 154 Кинзебулатовского массива вскрыта мощность 1048 м. Мощность сероносного комплекса на той или иной территории соответствует той части сульфатно-карбонатной толщи, которая подверглась инфильтрационным преобразованиям, сопровождающимся процессами серообразования. Как уже отмечалось, максимальная мощность сероносного ком-

плекса в Поволжье приурочена к Елховско-Боровскому и Жигулевскому валам, то есть к структурам второго порядка. В Предуралье же явно намечается связь изменения мощности сероносного комплекса с более крупными структурами (первого порядка). Выявленная закономерность в распределении мощностей позволяет предположить, что в пределах Поволжья в неотектонические движения вовлекались структуры второго порядка, а в Предуралье более крупные - первого порядка.

В заключение отметим:

1) изучение повторяемости в вертикальном разрезе сероносных зон и всего сероносного комплекса намечает новые пути познания условий серообразования и их использования в прогнозных построениях;

2) анализ материалов о сероносном комплексе позволяет судить о роли неотектонических движений в процессе серообразования, а также подойти к изучению динамических условий этого процесса.

Геологический институт г.Казани МГ СССР

О.В.Корчагина, А.И.Отрешко

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИЗУЧЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ ПОВОЛЖЬЯ И ПРЕДУРАЛЬЯ В СВЯЗИ С ПРОГНОЗНЫМИ ИССЛЕДОВАНИЯМИ СЕРОНОСНОСТИ

Сведения о химическом составе вод являются важнейшими для восстановления гидрохимических условий формирования и изменения сероносных залежей. А.С.Уклонский, рассматривая парагенезис серы и нефти, пришел к выводу о том, что процесс серообразования в значительной степени определяется смешиванием вод различных классов глубинного и поверхностного происхождения. Это положение нашло дальнейшую разработку и развитие в работах Н.П.Петрова, А.С.Соколова, А.И.Отрешко, Н.П.Юшкина, И.И.Алексенко и др. Так, А.С.Соколов считает, что "одним из важнейших условий развития процессов образования и накопления серы является, прежде всего, наличие сульфатных вод и их ак-

Зольненский тип характеризуется постепенным изменением минерализации вод по всему разрезу. В нижней части разреза изменение минерализации более медленное, чем в верхней. Отложения перми и верхнего карбона находятся в зоне активного водообмена.

Сызранский тип отличается уменьшением минерализации по всему разрезу, а катионный состав остается почти постоянным. Отложения верхнего и частично среднего карбона в значительной степени переходят в зону активного водообмена.

Гидрохимический разрез Токмовского типа имеет очень развитую зону активного водообмена, охватывающую 60-70 % толщи осадочного покрова. Здесь исчезает зона застойного режима, а зона сероводородных вод (затрудненного водообмена) сильно сокращается.

Нами произведено изучение типов гидрохимических разрезов по всей территории Волго-Уральской области. Для этой цели использованы материалы В.А.Кротовой (1956), Т.П.Афанасьева (1956, 1957) М.И.Зайдельсона и др. (1962), Л.В.Славяновой (1963), В.И.Вещеворова (1960) и других авторов.

Изучение химического состава вод осуществлено для водоносных комплексов, охарактеризованных наибольшим количеством анализов, в их числе: терригенная толща среднего и верхнего девона, терригенная толща нижнего карбона и нижнепермских отложений. Результаты исследования по отдельным водоносным комплексам сведены в единую карту гидрохимического районирования. Воды пестрого состава средне и верхнекаменноугольных и пермских отложений из рассмотрения исключены.

В пределах Волго-Уральской области нами выделены гидрохимические районы: Жуковско-Могутовский, Пермско-Башкирского свода, южной вершины Татарского свода, Сызранско-Зольненский, Куйбышевский. На территории Куйбышевской, Оренбургской и Ульяновской областей контуры гидрохимических районов, определенные нами, несколько отличаются от выделенных М.И.Зайдельсоном и А.И.Козиним.

Границы гидрохимических районов проведены с учетом содержания в подземных водах сульфатов и концентрации брома. Районы Жуковско-Могутовский и Пермско-Башкирского свода выделены

по изолинии содержания брома 600 мг/л в пермских и нижнекаменноугольных отложениях. Естественно, что изолиниями содержания брома 600 мг/л ограничиваются районы с низким содержанием в водах сульфатов.

По изолиниям содержания сульфатов в нижнекаменноугольных водах 1000 мг/л оконтурен Куйбышевский гидрохимический район. В пределах этого района содержание сульфатов достигает 1530 мг/л. Содержание сульфатов в нижнекаменноугольных водах свыше 1000 мг/л установлено также на ряде участков (подрайонов) южной вершины Татарского свода, а именно: у Бондюги, Ново-Шешминска, Бугуруслана.

Анализ материалов позволил прийти к некоторым новым дополнительным выводам о формировании гидрохимической зональности территории.

Современная гидрохимическая зональность сформировалась и продолжает формироваться в связи с неотектоническими движениями описываемой территории. Мы склонны присоединиться к Т.П.Афанасьеву в том, что резкое изменение гидрохимической зональности в Среднем Поволжье произошло в связи с глубоким врезанием в пермскую галогенную водоупорную толщу долин доплиоценового размыва.

Интенсивные эрозивные процессы привели к разрушению терригенных и галогенных водоупорных перекрытий верхней перми и особенно нижнепермской галогенной толщи. Это определило частичную миграцию высокоминерализованных вод каменноугольных и девонских отложений в вышележащие образования нижней и верхней перми. Одновременно воды поверхностного происхождения, богатые сульфатами, получили доступ в разрезы карбона.

Останец-реликт пермских высокоминерализованных вод ныне наблюдается только в Жуковско-Могутовском гидрохимическом районе, где над галогенными образованиями нижней и верхней перми все еще сохранилась мощная (до 300 м и более) терригенная толща татарского яруса. О современном интенсивном изменении химизма высокоминерализованных высокобромных вод нижнепермских отложений в этом районе свидетельствует резкое увеличение содержания сульфатов в его крайних зонах.

Вполне определенно вырисовывается зависимость современной гидрохимической зональности не только от гидрогеологической раскрытости территории, но и от времени, на протяжении которого та или иная территория являлась гидрогеологически раскрытой.

Как в Поволжье, так и в Предуралье, в результате альпийского орогенеза, неогеновой эрозией были вскрыты образования верхней и нижней перми и карбона. В Предуралье, видимо, раскрытость недр была более глубокой, но разбавленность глубинных вод водами поверхностного происхождения, по сравнению с Поволжьем, менее значительна. Это несоответствие легко объяснимо с позиций развития неоген-четвертичного карста.

В Предуралье карст не получил значительного развития, карстовый процесс в неогене прекратился на начальной стадии своего развития. В Предуралье резкий подъем территории в неогене с эрозийными размывами палеозойских отложений на большую глубину с небольшим разрывом во времени сменился столь же быстрым опусканием и заполнением эрозийных форм рельефа терригенными образованиями, поэтому воды глубинных водоносных комплексов не получили существенного разбавления и изменения химического состава — для них характерны низкие содержания сульфатов и высокие концентрации брома.

В Поволжье интенсивность развития неоген-четвертичного карста несравненно более высока. Здесь в разрезах перми и карбона широко распространены брекчиевидные доломиты и доломитовая мука. Следовательно, здесь разрезы перми и карбона длительное время оставались в состоянии гидрогеологической раскрытости, что способствовало развитию карстовых процессов. Не случайно поэтому, что Куйбышевский и Сызранско-Зольненский гидрохимические районы размещаются именно на территории развития интенсивного неоген-четвертичного карста, с глубоко погруженной подошвой карстового этажа. Здесь же располагается обрешенная территория. Аналогичные условия обогащения сульфатами вод терригенного комплекса нижнего карбона, видимо, имели место у Бондюги, Ново-Шемшинска, Бугуруслана. В последующем долины доплиоценовых размывов были заполнены мощной толщей песчано-глинистых образований акчагыльского яруса. Доступ вод в глубокие водоносные горизонты прекратился или резко сокра-

тился. В настоящее время незначительный подток глубинных вод в приповерхностные отложения сохранился только на отдельных изолированных участках (Усолье и др.). Таким образом, в гидрохимическом разрезе палеозоя все еще сохранились некоторые основные черты гидрохимической зональности, сформированные в период резкого всаждения территории и образования серных месторождений.

Изменения гидрогеологических и гидрохимических условий в осадочной толще палеозоя наглядно иллюстрируются схематичным гидрогеологическим профилем Сызрань-Красный Яр-Муханово-Могутово. В построении этого профиля нами показаны гидрохимическая зональность, зона неоген-четвертичного карста, выделены долины неогеновых размывов, те участки разреза, где содержание сульфатов в водах превышает 1000 и 3000 мг/л.

Профиль пересекает гидрохимические районы Сызранско-Зольненский, Куйбышевский, южной вершины Татарского свода и Жуковско-Могутовский. В связи с гидрогеологическими условиями, особенно с гидрогеологической раскрытостью территории, с востока на запад изменяется положение зоны сероводородных вод и содержание сульфатов в этих водах. В районе Самарской Луки содержание сульфатов в водах верейского горизонта достигает 1000 мг/л и более только на обособленных участках-линзах. А восточнее, в пределах Куйбышевского гидрохимического района, роль вод с содержанием сульфатов выше 1000 мг/л резко увеличивается, и они становятся преобладающими в разрезе. На границе с Жуковско-Могутовским районом выделяется зона содержания сульфатов свыше 3000 мг/л. Жуковско-Могутовский гидрохимический район, в связи с гидрогеологической закрытостью, характеризуется быстрым понижением содержания сульфатов. Указанные изменения сульфатности рассматриваются нами в качестве показателя степени смешения вод поверхностного и глубинного происхождения.

Как видно из гидрогеологического профиля, изменение гидрохимической зональности в осадочной толще палеозоя получило исключительно большой размах. Эти изменения произошли на глубине несравненно большей, чем врез долины доплиоценового размыва, связанные с ними зоны серообразования и неоген-четвертичного карста. Поэтому для детального восстановления палеогидрогеоло-

гических и палеогидрохимических условий, имевших место при образовании серных месторождений в Поволжье и Предуралье, требуются дальнейшие специализированные исследования.

Геологический институт г. Казани МГ ССР.

П. М. Муравев

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА СУЛЬФАТОВ И КАРБОНАТОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ САМОРОДНОЙ СЕРЫ

Большинство опубликованных в мировой печати работ, касающихся геохимии стабильных изотопов, посвящено определениям соотношений изотопов в природных соединениях и вопросам генезиса полезных ископаемых. В этом аспекте изучаются соотношения стабильных изотопов водорода, гелия, лития, бора, углерода, азота, кислорода, магния, кремния, серы, хлора, аргона, калия, кальция, хрома, меди, брома, стронция, молибдена, олова, селена, свинца в метеоритах, минералах, рудах, горных породах, подземных водах, нефтях.

Исследования соотношений изотопов серы S^{32} / S^{34} природных соединений показали, что восстановительные процессы в биосфере происходят преимущественно при участии сульфатвосстанавливающих бактерий, с обогащением сероводорода "легким" изотопом серы, а остаточных сульфатов - "тяжелым". Поэтому природные сульфиды осадочных толщ часто обогащены "легким" изотопом серы S^{32} . "Утяжеленные", по сравнению с исходными океаническими сульфатами, гипсы и ангидриты локализованы в реакционных зонах месторождений серы. Самородная сера, образующаяся при окислении, может иметь, в зависимости от условий, не большое обогащение S^{32} или S^{34} по сравнению с исходным сероводородом. Окисление сероводорода с участием тионовых бактерий подземных вод слегка обогащает самородную серу "легким" изотопом, участие же фотосинтезирующих серных бактерий, характерных для водоемов на земной поверхности, обогащает самородную серу "тяжелым" изотопом.

Накопленные факты обосновывают возможности зарождения в геохимии стабильных изотопов нового направления-прогнозно-поискового. Оно является естественным следствием развития генетического направления. Нарушения изотопного состава исходных минералов позволяют судить о наличии определенных геохимических реакций и их размаха. В настоящее время поисковые признаки обосновываются по соотношениям стабильных изотопов водорода, бора, углерода, азота, кислорода, серы, аргона, свинца.

1. Перспективы дальнейших исследований изотопного состава сульфатов

Пока ни одно из вышеупомянутых соотношений стабильных изотопов в качестве прогнозных признаков месторождений самородной серы не разработано для практического применения. В этой области необходимы дальнейшие исследования. Уже имеется многообещающее начало, позволяющее судить о существовании или отсутствии в далеком прошлом геохимических процессов, ведущих к образованию и накоплению залежи полезного ископаемого.

Рассмотрим некоторые спорные положения, требующие дальнейших исследований. Автором было показано (1964), что возможными данными при прогнозировании месторождений являются: 1) изотопный состав серы "утяжеленных" и "облегченных" гипсангидритов и 2) изотопный состав углерода "облегченных" кальцит-известняков.

Наличие "утяжеленных" гипсангидритов в современных крупнейших месторождениях самородной серы доказано почти всеми имеющимися исследованиями. До сих пор не ясна пространственная связь "утяжеленных" гипсангидритов с самородной серой. Имеются высказывания о наличии таковых лишь в непосредственной близости к самородной сере и в небольшом количестве.

Фили и Калп (1957) пишут о хорошо развитых мантиях кепроков над многочисленными соляными интрузиями, состоящими из: 1) нижнего слоя зернистого ангидрита, 2) средней переходной зоны с эпигенетической серой и 3) верхней пористой, кавернозной кальцитовой породы с включениями гипса и ангидрита.

S^{32}/S^{34} ангидритов из нижних слоев кепроков = 21,76-21,88; осадочных ангидритов в виде зерен из соляной интрузии = 21,83 - 21,87; ангидритов из кальцитовых верхних зон кепроков колеблется от 21,33 до 21,93. Указанные авторы пишут, что изотопный со-

став сульфатной серы ангидритовых зон кепроков близок к первичному, морскому составу ангидритов из соли интрузий и отличается от него в сторону "облегчения" и "утяжеления" не более как на 0,8 ‰. В то же время гипсы и ангидриты из верхних кальцитовых зон кепроков значительно обогащены тяжелым изотопом серы. Эта неоднородность обнаруживается даже в соседних зернах одного образца ангидрита. Авторы полагают, что кальцитовые зоны кепроков образовались за счет ангидритовых зон при восстановлении их до сероводорода. Ангидритовые же зоны являются остатками ангидрита соли по ее удалению подземными водами.

На примере Сицилийского месторождения самородной серы показаны значительные колебания изотопного состава серы сероносных гипсов с $\delta^{34} + 12 + 33\%$ или $S^{32}/S^{34} = 21,96-21,50$, т.е. от немного "облегченных" до "утяжеленных". Неосерненные гипсы, подстилающие сероносные известняки на 26 и 30 м, ниже по вертикали, также обогащены S^{34} ($S^{32}/S^{34} = 21,66-21,72$). Месторождение признается сингенетичным.

Исследования А.П.Виноградова, В.А.Гриненко, В.И.Устинова (1964), изучавших месторождение самородной серы Шорсу, показали, что сульфаты серной залежи обогащены тяжелым изотопом серы ($S^{32}/S^{34} = 21,81-21,85$). Гипс на контакте с серой имеет $S^{32}/S^{34} = 21,74$ ($\delta^{34} = +22,08\%$) или в непосредственной близости с самородной серой ($S^{32}/S^{34} = 21,94$) гипс показывает обогащение "тяжелым" изотопом серы. В зоне перехода "осернения в огипсование" изотопные характеристики сближаются. Для гипса $S^{32}/S^{34} = 21,77$ для самородной серы - 21,79. Как видим, изотопное расхождение между несероносными и сероносными гипсами небольшое: 3,2 - 5,4%. Месторождение характеризуется как эпигенетическое. Другие месторождения самородной серы изотопным анализом охарактеризованы слабо. В общем, видим довольно разнообразную картину. Необходимы дальнейшие углубленные исследования с точной пространственной привязкой исследуемых образцов, количество которых должно быть значительным (сотни образцов для одного месторождения). Следует различать гипс первичный и вторичный, а в последнем "остаточный" или продукт окисления самородной серы и т.д. Необходимо указание и структурных особенностей сульфатов. Возможны

изменения изотопного состава сульфатов месторождений самородной серы эпигенетического и сингенетического происхождения, которые пока не выяснены. На изотопный состав остаточных сульфатов может влиять и количество самородной серы, находящейся вблизи их и в месторождении в целом. Так, например, в небогатом запасами месторождении Шорсу размах изменения изотопного состава серы невелик (может быть из-за недостатка образцов?) и наоборот в богатых месторождениях значителен (США до 30, Сицилия до 20%). Неясны количество и размещение сульфатов с нарушенным изотопным составом серы вокруг залежей серной руды. Видимо, это распределение должно быть разнообразным в зависимости от конкретных природных условий. Во всяком случае образование миллионов тонн самородной серы должно сопровождаться образованием значительных количеств остаточного "утяжеленного" сульфата. Если же часть серы связана в сульфаты при окислении сероводорода или позднее, то должно было образоваться приблизительно соответствующее количество "облегченного" сульфата.

Необходимо также обратить внимание на соотношение S^{32}/S^{36} , поскольку S^{36} , видимо, значительно подвижнее S^{34} , а также на соотношения изотопов кальция, магния и кислорода сульфатов, которые пока совершенно не изучены.

2. Перспективы дальнейших исследований карбонатов

Генетическое значение изотопного состава углерода сероносного кальцита впервые было показано Тодом и др. (1954) и значительно полнее обосновано Фили и Калпом на примере месторождений серы Техаса и Луизианы. В соляных интрузиях США кальцитовый кепрок сложен кальцитом с изотопным составом углерода таким же как у нефти и даже более "облегченным". Изотопный состав углерода нефти, залегающей на крыльях соляных куполов, оказался с $\delta C^{13} = -25 - 34\%$ или по сравнению с нормальными морскими известняками нефть обогащена легким изотопом углерода C^{12} на 25-34%. Кальцитовая же зона сероносных куполов показала $\delta C^{13} = -12-55\%$ или еще богаче C^{12} по сравнению с нефтью. Этими данными доказывается образование кальцитовой зоны кепрока путем восстановления ангидрита

сульфатредуцирующими бактериями до кальцита биогенного происхождения.

Кальцитовая зона кепроков США не однородна. Кальцит появляется уже в участках переходов ангидритовой зоне. Кальцитовая же зона часто имеет брекчиевидную текстуру. Обломки серого, более древнего кальцита, обогащенного тяжелым изотопом углерода, цементируются рыжевато-коричневым кристаллическим кальцитом. Кроме этого вместе с серой наблюдается белый ромбовидный, заполняющий жилы кальцит. Последние две его разновидности в разной степени в различных соляных куполах США немного богаче серого кальцита "легким" изотопом углерода. Серосодержащие белый и рыжевато-коричневый кальциты немного "легче", чем не содержащие самородной серы. Это изучено на небольшом количестве образцов.

Дессо и др. (1962) пишут о изотопном составе карбоната кальция, а не кальцита сероносных известняков пяти месторождений Сицилии. Тонкокристаллический сероносный известняк содержит зернистый кальцит и самородную серу. Неправильно угловатые куски и тонкие пластины криптокристаллического светлого, серого и желтоватого известняка сцементированы сетью жидок или грубо параллельными прослоями белого тонкозернистого кальцита в многочисленных пустотках также имеются мелкие кристаллики кальцита. Эти пустоты частично или полностью заполнены самородной серой — явно перекристаллизованной, вторичной. Контакт между криптокристаллическим и зернистым кальцитом не четкий, с переходами друг в друга. Но основное количество серы приурочено к известнякам, иногда она наблюдается в виде мелких зерен в прослоях мергелей и глин. Сероносные известняки Сицилии почти чисты. Они содержат очень малую примесь ангидрита, целестина, глины, кремнезема и магнезия. Барита нет.

Изотопный состав углерода сероносных известняков колеблется в заметных пределах: $\delta C^{13} = -10,0 - 39,5\%$, несероносных — от $+2,7$ до -10% .

А.П.Виноградовым, В.А.Гриненко и В.Н.Устиновым карбонаты Шорсу характеризуются следующим образом: δC^{13} доломитизированных известняков от $0,0$ до $-1,5\%$; кальцита с серой от $-20,8$ до $-26,0\%$; карбонатов из конгломерата от $0,00$ до $+1,6\%$. Как ви-

дим, кальцит повсеместно значительно богаче легким изотопом углерода C^{12} по сравнению с вмещающими нормальными известняками и др. Предварительные исследования ратинских известняков Предкарпатья в Львовском университете показали большой разброс значений δC^{13} .

Наши наблюдения показывают, что карбонат кальция, парагенный самородной сере, весьма разнообразен. Так, например, в сингенетическом месторождении серы Чекур-Кояш в Крыму он является тонкозернистой примесью к известняковым глинам с тонкими прослойками серы. В месторождениях Средней Волги он различен: мелкокристаллический известняк с дисперсно рассеянной серой и крупнокристаллический кальцит с кристаллической серой в гнездах. В Прикарпатских месторождениях карбонат кальция, парагенный сере, также различен. В Ровдольском месторождении обычен кальцит белый кристаллический, иногда по пустотам с кристаллической серой, а в Подорожненском преобладает типичный тонкозернистый темно-зеленовато-серый известняк с дисперсной или в прослоях криптокристаллической серой.

Приведенный материал показывает необходимость определять изотопный состав более детально, с учетом разновидностей карбонатов, их парагенезиса с серой, при различном содержании последней.

Совершенно еще не определялись изотопные соотношения стабильных изотопов кальция и магния сероносных известняков и кальцитов. Нужно сказать, что вообще эти исследования находятся в зачаточном состоянии. Изучение соотношений стабильных изотопов кислорода применительно к месторождениям самородной серы также еще никем не проводилось, а такие материалы могли бы показать температуру процесса серообразования и этим помочь определить генезис месторождения. Температуру недр земли, при которой происходит сульфатредукция, около $+10^{\circ}C$, а в лагунах с расцветом бактериальной деятельности — порядка $+30^{\circ}C$. Кроме того представляется возможным выяснить и происхождение кислорода: сульфатный он или атмосферный.

3. Заключение

В области применения соотношений стабильных изотопов серы и углерода для сульфатов и карбонатов при прогнозировании месторождений самородной серы нам известно значительно меньше, чем неизвестно. Как видим, использование соотношений стабильных изотопов серы, углерода и других элементов в поисковом деле пока лишь намечено теоретически. Поэтому и все наши замечания и выводы имеют пока лишь научно-теоретическое значение.

В дальнейшем необходим строгий отбор проб по поперечным и продольным профилям через известные залежи серной руды с точным обозначением их пространственных расположений и соотношений парагенных минералов. Необходимо исследованиями охватить несколько месторождений самородной серы различных типов: предположительно сингенетические и эпигенетические. К настоящему времени роль сульфатредуцирующих микроорганизмов при образовании в природе сероводорода достаточно ясна, но син- или эпигенез залежи серы не ясны.

В общем представляется, что изотопный состав углерода сероносных кальцитов и известняков возможно окажется более перспективным, нежели изотопное соотношение серы парагенных самородной сере гипсов и ангидритов.

При всем интересе к этим двум возможным дополнительным поисковым признакам месторождений самородной серы мало вероятно или весьма длителен будет наш прогресс без масс-спектрометрических или аналогичных им лабораторий, которые обеспечили бы большой объем определений изотопного состава серы и углерода для исследовательской разработки затронутой темы и еще больший объем определений при прогнозировании и поисках. Желательно включение в эту работу большего количества учреждений и ученых. Нужно отметить и затруднения при публикации работ.

Геологический институт г. Кишинева МГ СССР.

Е.Ф. Станкевич

УСЛОВИЯ СЕРООБРАЗОВАНИЯ В ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ЗОНАХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

В настоящее время общепризнано, что основные месторождения самородной серы в осадочных гипсоносных образованиях обязаны эпигенетическим процессам. Почти все исследователи признают, что исходным материалом для возникающих залежей серы были гипсы, ангидриты или сульфаты подземных вод. В результате биогенного восстановления сульфатов образуется сероводород, который затем, под влиянием кислорода, растворенного в притекающей воде, окисляется до серы. В некоторых случаях допускается, что образование самородной серы идет во время смешивания восходящих глубинных вод с просачивающимися сверху богатыми кислородом водами. При биогенном восстановлении сульфатов необходимо присутствие углеводов от этана и выше или других органических веществ, усвояемых бактериями. Наиболее благоприятными для возникновения залежей серы являются участки карстующихся сульфатно-карбонатных пород.

При воссоздании условий серообразования необходимо знать условия превращения сульфатов в серу и те гидродинамические и гидрохимические условия, которые обеспечивают непрерывность этого процесса. Поэтому для более правильного решения поставленной задачи необходимо выяснить, каковы условия восстановления сульфатов до сероводорода и окисления сероводорода до серы в вертикальных гидродинамических зонах подземных вод.

Исходными данными для анализа взяты материалы Волго-Камского края. Принято, что восстановление сульфатов происходит при помощи сульфат восстанавливающих бактерий, а окисление сероводорода — под действием растворенного в подземных водах кислорода. Серообразование идет в карстующихся сульфатно-карбонатных породах. При восстановлении сульфатов бактерии используют мигрирующую снизу нефть.

В Волго-Камском крае по гидродинамическим условиям выделяются 2 зоны: зона неполного водонасыщения и зона полного водонасыщения. В зоне полного водонасыщения выделяются две подзоны:

подвона затрудненного водообмена и подвона вековых движений.

Зона неполного водонасыщения характеризуется окислительной обстановкой, величина окислительно-восстановительного потенциала обычно составляет от +150 до +400 мв и только на небольших участках, где идет усиленное разложение органического вещества, снижается до +50 мв и ниже. При этом часто наблюдается образование сероводорода и аммиака. Сероводород быстро окисляется до серы (обычно при выходе подземных вод на поверхность), однако значительных скоплений серы не образуется. Участки образования сероводорода (но не всегда серы) приурочены к торфяникам или битуминозным породам. Таким образом, зона неполного водонасыщения является практически бессероводородной.

Подвона затрудненного водообмена зоны полного водонасыщения характеризуется окислительно-восстановительной обстановкой. В ее пределах с увеличением глубины резко уменьшается величина окислительно-восстановительного потенциала, часто до отрицательных значений. Одновременно уменьшается количество растворенного кислорода, и он совсем исчезает. На большей части территории в пределах подвона (преимущественно в нижнепермских, а также в уфимских и казанских отложениях) широко распространены сероводородные воды. По данным микробиологических исследований в Татарии сульфат восстанавливающие бактерии наиболее характерны именно для нижнепермских образований. Восстановление сульфатов до сероводорода благоприятствует поступлению нефти из каменноугольных и девонских отложений. Для подвона характерно региональное распространение очагов сероводородных вод. Количество сероводорода в них колеблется от долей до 100 мг/л и более.

В подвоне вековых движений господствуют восстановительные условия. По отношению к сероводородным водам в ее пределах выделяются две зоны: зона накопления сероводорода и зона бессероводородная.

В зоне накопления сероводорода преимущественным распространением пользуются рассолы хлоридно-кальциево-натриевого состава с относительно высоким содержанием сульфатов (часто до перенасыщения). Количество сероводорода колеблется в широких пределах и местами достигает 1-2 г/л. В связи с несо-

кни содержанием сероводорода величина окислительно-восстановительного потенциала в подземных водах может снижаться, местами до -200 мв. Вероятно, продуцирование сероводорода идет очень медленно (высокое содержание сероводорода, повышенная минерализация подземных вод), рассеивания же или его связывания с тяжелыми металлами почти не происходит. Так, в подземных водах калиновской свиты Калиновского месторождения нефти Куйбышевской области содержание закисного железа достигало 252 мг/л при содержании почти 2 г/л сероводорода (скв. 286). Высокое содержание сульфатов в пределах зоны накопления сероводорода определяется присутствием гипса и ангидрита во вмещающих породах.

Нижняя зона бессероводородных вод характеризуется несколько большими величинами окислительно-восстановительного потенциала (+50, -50 мв и ниже), чем зона накопления сероводорода. Для нее характерно незначительное содержание сульфатов, очень высокая минерализация подземных вод, а также отсутствие сульфат восстанавливающих бактерий.

Окисление сероводорода до серы может происходить в верхней практически бессероводородной зоне и в зоне распространения очагов сероводородных вод. В верхней зоне промышленные залежи серы не образуются. Мало того, самородная сера, попавшая в эту зону подвергается окислению.

Наиболее благоприятная обстановка для продуцирования бактериями сероводорода, окисления его до серы и формирования месторождений серы может создаваться в верхней части зоны распространения очагов сероводородных вод. Для этого необходимы следующие условия: 1) наличие интенсивно карстующихся гипсовых отложений (обеспечивается интенсивный приток подземных вод, богатых растворенным кислородом, наличие большого количества сульфатов), 2) присутствие сульфат восстанавливающих бактерий, 3) приток снизу нефти или газообразных углеводородов не ниже этана. Непрерывное поступление нефти и других углеводородов может происходить только в периоды интенсивных тектонических движений, которые вызывают переформирование нефтяных и газовых залежей, а также создают пути миграции углеводородов вверх. В периоды относительного тектонического покоя раз-

рывные нарушения колымаются или цементируются, и таким образом количество углеводородов, поднимающихся вверх из нефтеносных горизонтов, резко сокращается. Этому способствует также отсутствие переформирования залежей. Таким образом следует прийти к выводу, что эпохи серообразования должны совпадать с эпохами тектонической активности. Это очень хорошо увязывается с данными А.И.Отрешко, который установил, что в Поволжье интенсивное серообразование наблюдалось во время интенсивных неогеновых поднятий. В такие периоды происходило усиленное врезание рек и формирование глубоких эрозионных врезов, что повлекло за собой усиление карстовых процессов. В этом случае усиление сульфатредукции при интенсификации поступлений снизу углеводородов сочеталось с усилением притока кислородосодержащих вод к сульфатным породам. Это и обусловило формирование основных залежей серы в Поволжье.

Можно думать, что и в других сероносных районах обстановка серонакопления была близкой к вышеописанной.

Конечно, процессы серообразования могут идти и идут не только в периоды активизации движений земной коры. Однако масштаб процесса серообразования в тектонически спокойные эпохи значительно меньше, поэтому в такие эпохи образуются отдельные небольшие залежи серы и серопроявления.

Вероятность промышленного серонакопления в результате смешения верхних кислородосодержащих и поднимающихся снизу сероводородосодержащих вод очень мала. Как показывают эксперименты и наблюдения за движением подземных вод в районе залежей соли (Соликамск) и по разломам в области вечной мерзлоты (Колыма) смешения подземных вод разного удельного веса не происходит. Кроме того, глубинные воды в Волго-Уральской области имеют хлоридно-кальциево-натриевый состав, а воды верхних водоносных горизонтов в зоне развития сульфатнокарбонатных пород — сульфатно-кальциевый. Смешивание их, как об этом писал еще М.С.Кавеев, должно вести к выпадению обильного осадка. Таким образом, если бы даже это смешивание и имело место, то пути движения подземных вод были бы быстро заколымарованы и сообщение между верхними и нижними водами было бы прервано.

Как явствует из всего вышеописанного, при составлении прогнозных карт на серу изучению палеогидрогеологических и палеотектонических условий необходимо уделять больше внимания, чем это делалось до сих пор.

Геологический институт г.Казани МГ СССР.

Я.К.Писарчик

О ГИПЕРГЕННЫХ ПРОЦЕССАХ В КЕМБРИЙСКИХ СУЛЬФАТНО-КАРБОНАТНЫХ КОМПЛЕКСАХ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ (в связи с оценкой ее сероносности)

Восточная Сибирь является, как известно, регионом острого дефицита серосодержащего сырья. В то же время наличие на этой территории осадочных месторождений самородной серы по общегеологическим данным вполне возможно. Об этом свидетельствует прежде всего то, что на Сибирской платформе в нефтегазоносной и соленосной толще кембрия широко развиты сульфатно-карбонатные комплексы. Перспективность кембрийской галогенно-карбонатной толщи данной территории в отношении поисков месторождений серы отмечалось неоднократно (Соколов, 1960 и др.; Писарчик, 1960, 1963). Здесь в разных районах имеются практически все основные геологические предпосылки (в том числе фациально-литологические, геоструктурные, минералого-гео- и гидрохимические и др.) для поисков месторождений серы.

На Сибирской платформе известны также прямые показатели возможности наличия серных месторождений — находки самородной серы. Количество таких находок за последние годы все увеличивается, особенно в связи с прогнозными и поисково-ревизионными работами, ведущимися уже в течение ряда лет в Иркутском амфитеатре и частично в Якутии ГИГХСом и некоторыми территориальными геологическими организациями.

К таким серопроявлениям относятся давно известные выходы осерненных пород в Олекминском районе по рр.Олекме и Токко (Арсеньев и Нечаева, 1947) и установленная позже серная минерализация в разных пунктах Иркутского амфитеатра (Кутулик-

ский, Тыретский, Жигаловский и др. районы), а также в среднем течении р. Лены (в районе Русской речки) и близ г. Мирного (рис. 1). Однако месторождений самородной серы на Сибирской платформе до сих пор обнаружить не удалось.

Задачей дальнейших прогнозных и оценочных работ на серу в данном регионе является установление и уточнение тех районов и участков, в которых имеет место сочетание всех основных геологических предпосылок. Отправным моментом при этом должна явиться соответствующая графическая литолого-фациальная основа с оконтуренными на ней зонами распространения различных сульфатно-карбонатных комплексов, а также зонами развития последующих эпигенетических и гипергенных преобразований этих комплексов. На такую основу должны быть наложены важнейшие гидро- и геохимические, битуминологические, структурно-тектонические и геоморфологические (или палеогеоморфологические) показатели. Соответствующий анализ совокупности перечисленных данных поможет выявить районы, наиболее перспективные для поисков месторождений серы.

Для подобного рода построений представляют несомненный интерес результаты проводившихся во ВСЕГЕИ многолетних литолого-фациальных и палеогеографических исследований кембрия сначала для Иркутского амфитеатра (Писарчик, 1963), а затем для всей Сибирской платформы (Писарчик, Минаева, Русецкая, 1966). С позиций изучения перспектив сероносности весьма существенно, что именно при этих исследованиях были не только выявлены особенности и закономерности седиментогенеза и оконтурены зоны, в которых происходило отложение сульфатно-карбонатных и соляных осадков в кембрии, но установлены и графически интерпретированы гораздо более поздние гипергенные преобразования этих отложений.

Такие преобразования оказались весьма интенсивными, часто до неузнаваемости изменяющими первоначальный состав отложений кембрийской галогенно-карбонатной толщи, а масштабы их в некоторых зонах нередко грандиозными как по площади, так и по мощности охваченных ими пород. Последняя колеблется от значений, близких к нулю, до 500-600 м. Поэтому для выяснения закономерностей первичной литолого-фациальной зональности в

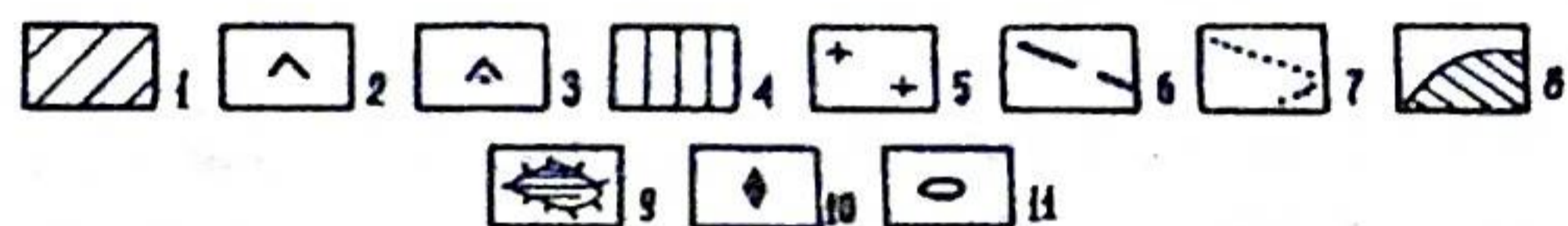
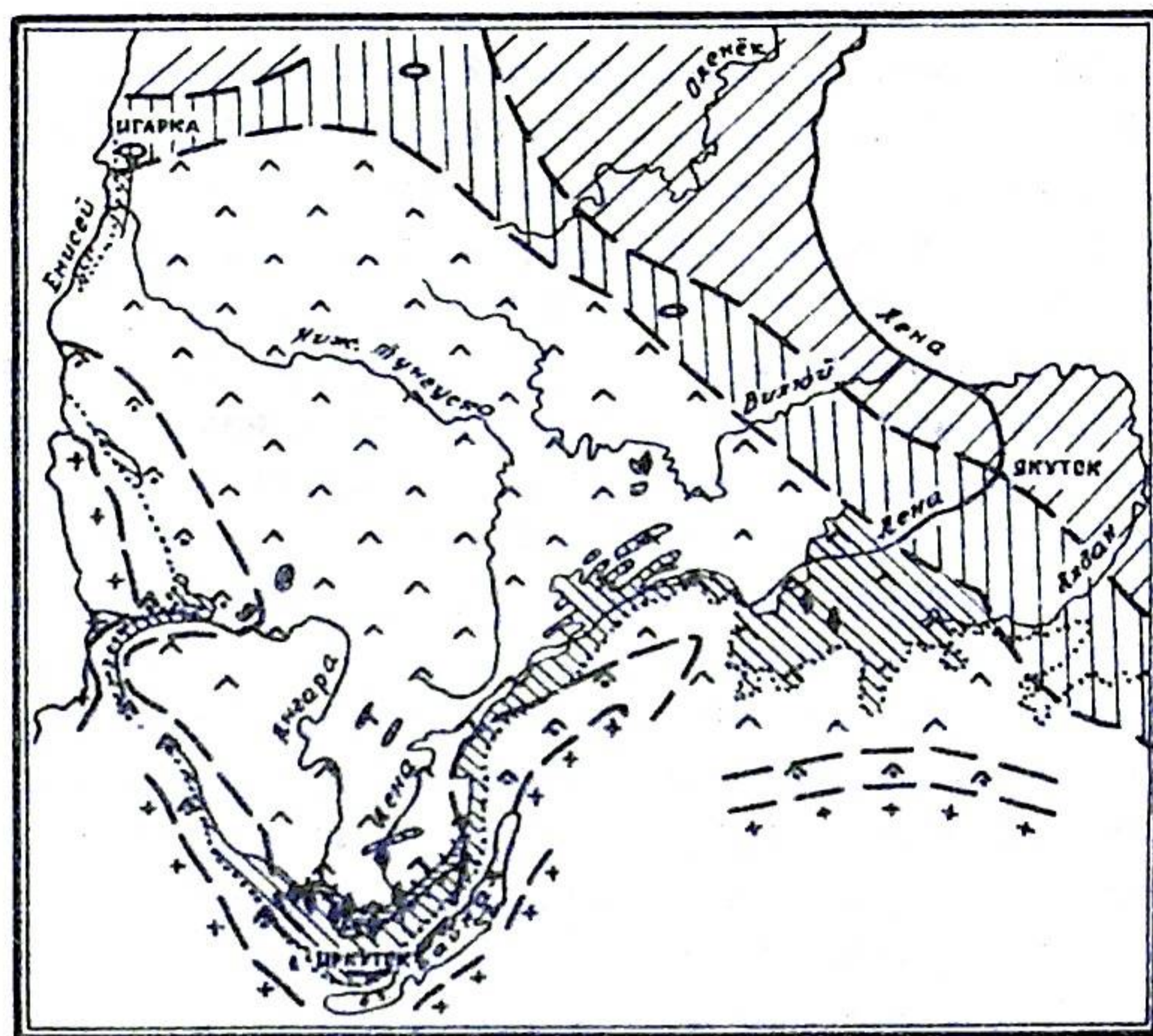


Рис. 1. Схема размещения основных кембрийских фациально-палеогеографических областей и зон Сибирской платформы.

Области кембрийского эпиконтинентального мелко-водного платформенного бассейна: I-морская, 2-лагунная; 3-краевые части лагунной области; 4-территория переходной зоны; 5-области размыва и сноса; 6-границы фациально-палеогеографических зон и областей схематично; 7-границы современного распространения кембрийских отложений; 8-территории интенсивных гипергенных преобразований; 9-зоны начальных стадий гипергенных преобразований; 10-серопроявления; 11-наиболее крупные скопления целестина.

районах распространения гипергенно преобразованных пород были проведены соответствующие литолого-фациальные реконструкции, т.е. был восстановлен комплекс условий седиментации и тот состав, который имели отложения до их гипергенного изменения.

Зоны распространения этих гипергенных изменений в отложениях каждого стратиграфического подразделения кембрия Сибирской платформы показаны на составленной автором и его сотрудниками последовательной серии литолого-палеогеографических карт.

Поскольку гипергенные изменения привели к возникновению своего рода плацеобразного карбонатного кепрока в приповерхностных частях галогенно-карбонатной толщи, то естественно, что учет их очень важен при выявлении перспектив сероносности Сибирской платформы. Характерно, что в нижних горизонтах зоны гипергенных изменений кембрийской галогенно-карбонатной (сульфатной) толщи относятся все выявленные серопроявления.

Ниже мы остановимся вкратце на результатах литолого-фациальных и палеогеографических исследований кембрийских отложений Сибирской платформы, а затем на особенностях гипергенных преобразований ее галогенно-карбонатной толщи.

В кембрии вся или почти вся Сибирская платформа представляла собой громадный единый эпиконтинентальный теплый мелководный бассейн. В его пределах устанавливается существование в течение всего кембрийского периода и особенно четко для ранне- и среднекембрийской эпох двух основных крупных фациально-палеогеографических областей, названных соответственно "морской" и "лагунной". В первой из них отлагались главным образом известняки, а сульфатноскопления не происходило. Вторая, более обширная, "лагунная" область располагалась юго-западнее и характеризовалась затрудненным водообменом с "морской" областью (через переходную зону, см. рис. 1), что обуславливало повышенную до высокой солености вод в ней и лагунный режим осадконакопления. В результате в ее пределах при благоприятных климатических и геоструктурных условиях отлагались не только карбонатные, но в большей мере также сульфатные и соляные осадки галогенно-карбонатной толщи. Терригенные отложения здесь почти отсутствуют.

Важно подчеркнуть, что образование этой толщи, включающей интересующие нас сульфатно-карбонатные комплексы, происходило на всей площади "лагунной" области, не уникальной по своим размерам территории, занимающей более половины всей Сибирской платформы. Эта толща развита здесь почти повсеместно и в настоящее время. Она имеет преимущественно пологое, почти горизонтальное залегание.

Для разреза всей кембрийской осадочной серии на территории "лагунной" области характерно трехчленное строение. Нижняя толща, включающая нередко и отложения позднего докембрия, непостоянного состава и мощности. Она сложена карбонатными, терригенно-карбонатными или преобладающе терригенными отложениями.

Галогенно-карбонатная толща (формация) мощностью до 2,5 км является средним членом серии. Она индексируется как $См_1 + См_2^1$. Верхний член серии представлен песчано-глинистыми и мергельными, нередко сульфатными, пестроцветными отложениями верхколенской свиты ($См_2^2 + См_3$), имеющей мощность до 1000 м. Эта свита залегает на галогенно-карбонатной толще согласно и служит своего рода ее непроницаемой крышкой.

Галогенно-карбонатная толща представлена ритмично чередующимися подразделениями карбонатного, сульфатно-карбонатного и соляного (каменная соль) состава, фациальные изменения которых по простиранию происходят, как правило, постепенно, вполне закономерно, при сохранении ритмичности строения разреза.

Сульфатно-карбонатные комплексы внутри галогенно-карбонатной формации максимально развиты на следующих ее уровнях (снизу вверх): в средней подсвите мотской свиты внутреннего поля Иркутского амфитеатра и в ее стратиграфических аналогах более восточных районов; локально в нижних и чаще в верхних горизонтах бельской свиты и ее аналогов; во всей ангарской свите и ее аналогах. Последняя является верхним подразделением галогенно-карбонатной формации и соответственно залегает на относительно наименьших глубинах.

Следует подчеркнуть, что приведенный разрез галогенно-карбонатной толщи имеет место лишь там, где эта толща залегает под покровом верхколенской свиты, и вскрывается обычно лишь бурением.

Иной разрез присущ рассматриваемой толще почти повсюду при ее приповерхностном залегании (в обнажениях вдоль южной и западной периферии Сибирской платформы и в ядрах размытых структур) или же при залегании непосредственно под юрскими и более молодыми отложениями. Здесь эта толща, как правило, не содержит ни каменной соли, ни сульфатов (ангидрита, гипса), она обычно сложена только карбонатными, в значительной мере известковыми породами. Данное обстоятельство рассматривалось прежде как показатель фациальных изменений при седиментации и связывалось с первичным отсутствием галогенных образований на таких участках. Наши исследования показали, что полное отсутствие каменной соли и особенно сульфатов на отдельных участках площади "лагунной" области является повсюду вторичным, связанным с гораздо более поздними, уже упоминавшимися гипергенными преобразованиями отложений галогенно-карбонатной толщи. Такие преобразования произошли лишь там, где данная толща была выведена из зоны высокоминерализованных, почти застойных хлоридных вод в сферу проникновения с поверхности инфильтрационных бикарбонатных вод, в зону замедленного, а затем активного водообмена. Последнее обычно сопряжено с полным или почти полным уничтожением эрозией или сильным дренированием залегающей на галогенно-карбонатной толще ее непроницаемой покровной верхолонской свиты, предохранявшей данную толщу от проникновения в нее инфильтрационных вод. Начало эрозии и соответственно гипергенных преобразований связано с разными отрезками времени: в одних участках оно относится к доюрским эпохам, в других является более поздним, вплоть до современного.

Установлено, что интенсивность гипергенных процессов и глубина их распространения находятся в прямой взаимосвязи с гидрохимической зональностью (с солевым составом подземных вод), с химической активностью самих пород, степенью их растворимости в тех или иных условиях, а также с характером проницаемости. Кроме того они зависят от гидродинамических, геоструктурных и геоморфологических особенностей района, включая и гидрографические — современные и древние (Писарчик, 1963).

Гипергенные изменения заключаются в выщелачивании каменной соли, постепенной полной десульфатизации всех отложений данного участка, частичном их раздоломчивании и одновременно чрезвычайно интенсивной кальцитизации, сопровождающейся нередко окремнением, пиритизацией, брекчированием.

Громадная роль при гипергенезе принадлежит процессам метасоматического замещения сульфатов и отчасти доломита кальцитом с образованием остаточно-метасоматических карбонатных пород доломито-известкового состава — деангидритов, деангидрито-доломитов и т.п. Остаточными являются в основном первичные доломит и известняк (если его прослой имелись в данном разрезе), а вторичный кальцит, преимущественно метасоматический, оказывается здесь одним из главных породообразующих минералов.

Ведущая роль гипергенного метасоматоза в возникновении такого карбонатного кепрока совершенно однозначно устанавливается петрографическими исследованиями. Наличие в этих карбонатных породах четких реликтов первичных структур и текстур, характерных для сульфатов и сульфатносных отложений, позволяет с уверенностью говорить о первоначально сульфатном составе этих пород и о последующем метасоматическом их преобразовании.

Несомненно, что процессы гипергенного метасоматоза происходят наиболее интенсивно на Сибирской платформе в зоне распространения сульфатных вод, неизменно возникающей на "стыке" глубинных хлоридных вод с инфильтрационными бикарбонатными, или как раз в той гидрохимической зоне, с которой обычно связано серообразование. Вместе с тем для Сибирской платформы нельзя считать выясненным весьма существенный вопрос о степени участия в рассматриваемых процессах органического вещества (битумов) и при этом о возможных масштабах редукции сульфатов до сероводорода-источника серы.

В верхних частях зоны гипергенеза — в подзоне активного карста, где развиты очень слабо минерализованные и почти пресные бикарбонатные воды, процессы кальцитового метасоматоза сменяются процессами интенсивного выщелачивания карбонатов и прежде всего их новообразований. В первую очередь растворяется кальцит (менее устойчивый в этой гидрохимической зоне, чем доломит), что приводит к возникновению пористых, кавернозных,

выщелоченных, разрушенных карбонатных пород. Именно здесь происходит образование "доломитовой муки" в связи с интенсивным выщелачиванием вторичного кальцита и высвобождением заключенных в нем реликтов доломита (Писарчик, 1963).

Судя по имеющимся данным, образование в приповерхностных частях галогенно-карбонатной толщи зоны гипергенно измененных пород, в частности метасоматических, сходно с формированием кальцитовых кепроков на солянокупольных структурах (Мексиканское побережье и др.). Именно поэтому зону карбонатных десульфатизированных и рассолоненных пород кембрийской галогенно-карбонатной толщи мы, в известной мере условно, называем карбонатным кепроком.

Как показано на рис.1, распространение этого плащеобразного карбонатного кепрока на территории Сибирской платформы (на площади ее кембрийской "лагунной" области) весьма значительно.

Выявление районов и особенностей распространения карбонатного кепрока является важным звеном при оценке перспектив сероносности Сибирской платформы, так как в его основании - в нижних частях зоны гипергенеза (в подзоне господства сульфатных вод) могло иметь место не только возникновение незначительных скоплений серы (типа уже обнаруженных), но при наличии комплекса благоприятных условий и оруденения более крупных масштабов.

Литолого-фациальное изучение образований карбонатного кепрока, кроме установления самого факта прежней сульфатносности преобразованных пород, позволяет также судить о ее степени, подойти к количественной оценке сульфатносности отложений данного разреза, залегающих вне (ниже) зоны гипергенных преобразований и недоступных наблюдению без бурения.

Такая количественная оценка должна являться дополнительным важным моментом при прогнозных и поисковых на серу работах, поскольку, как показывает анализ данных по уже известным месторождениям серы, существует четкая прямая зависимость между степенью первоначальной сульфатносности разреза в данном районе и содержанием в рудах серы в пределах самого место-

рождения .

При этом анализе выясняется, что наиболее богатые серой залежи и горизонты являются в основном метасоматическими образованиями по первоначально наиболее сульфатносным частям разреза (Гаурдак, Шорсу, Чангырташ и др.). К такому же метасоматическому типу относятся серные месторождения кепроков соляных куполов, наиболее богатые горизонты серных залежей не только польского, но, видимо, и украинского Предкарпатья, некоторые горизонты в Среднем Поволжье (например, горизонт Ш+1У, а возможно, и некоторые другие). Руды же, связанные с первоначально карбонатными слабо сульфатносными подразделениями разреза, как правило, более бедны серой (горизонт "К" в Шорсу и др.), хотя осернение в подобных горизонтах иногда прослеживается на весьма большие расстояния по простиранию (например, серопроявления в горах Баба-Таг в Средней Азии).

Таким образом, мы полагаем, что количественная оценка первоначальной сульфатносности разреза должна являться обязательным звеном при соответствующих исследованиях на серу.

В кембрийской галогенно-карбонатной толще Сибирской платформы вне зоны гипергенеза то или иное количество сульфатов (ангидрита, гипса) обнаруживается почти повсюду. При этом можно наметить четыре петрографо-морфологических типа нахождения сульфатов и сульфатных пород, отражающих в основном и количественное их соотношение в тех или иных подразделениях разреза:

- 1) мощные пласты и пачки ангидритов (гипсов) среди карбонатных или сульфатно-карбонатных отложений;
- 2) слои и крупные линзообразные прослои ангидритов и доломито-ангидритов (гипсов) или частое чередование в разрезе пачки сульфатных и карбонатных отложений;
- 3) желваки и линзообразные скопления сульфатов, концентрирующиеся преимущественно на определенных уровнях в преобладающе карбонатном разрезе подразделения;
- 4) весьма слабая сульфатносность в виде более или менее многочисленных порфиридных вкрапленников монокристаллов ангидрита (гипса) в карбонатных породах.

Наблюдается сульфатность смешанных типов. Очень важно, что указанные четыре типа (и степени) первоначальной сульфатности отложений во многих случаях удается восстановить (различить) в гипергенно преобразованных породах, т.е. в карбонатном кепроке, так как интенсивность преобразованности и, в первую очередь, развития метасоматоза и степени кальцитизации находится в прямой зависимости от степени исходной сульфатности того или иного подразделения (Писарчик, 1963).

Таким образом, литолого-фациальные исследования и прежде всего реконструкции степени и характера прежней сульфатности гипергенно преобразованных пород, давая объективные данные о первоначальной сульфатности разреза в зоне метасоматоза и теперешней — под ней (т.е. вниз по падению), позволяют подойти к оценке перспектив исследуемого участка в отношении возможности возникновения крупных залежей серы метасоматического типа.

Для иллюстрации рассмотрим серопроявления в бассейне р.Олекмы, изучавшиеся автором в 1966 г.

Осернение известно здесь по р.Олекме и в 80–100 км западнее — по р.Токко. Оно связано с так называемым сералахским горизонтом песчаных доломитов, залегающим на доломитах динской свиты (поздний докембрий) и покрываемым порохтакской доломитовой свитой (Сп₁)¹. Все эти отложения залегают почти горизонтально, дренированы р.Олекмой и ее притоками и находятся в зоне гипергенеза.

Сералахский сероносный горизонт обнажается обычно у уреза воды или в нижней части склонов. Сера образует вкрапления, призмочки по трещинам и вместе с кальцитом выполняет линзообразные жеоды в песчаных доломитах.

Сульфаты в разрезе в настоящее время отсутствуют, но признаки былой сульфатности доломитов наблюдаются часто. Однако, как показали наши литолого-фациальные исследования, и первоначальная сульфатность в пределах разреза обеих свит и сералахского горизонта была незначительной и соответствова-

¹ В 1966 г. слабые серопроявления обнаружены Г.А.Русецкой также в верхней половине порохтакской свиты.

да в основном типам 3 и 4 вышеприведенных градаций. Именно с этим обстоятельством — с первичной бедностью пород рассматриваемых подразделений сульфатами — и следует связывать в первую очередь отсутствие в них крупных серопроявлений и следов последних.

Нам представляется, что, даже не анализируя другие геологические предпосылки, лишь на основании литолого-фациальных исследований, можно говорить о малой перспективности поисков крупных месторождений серы в указанных подразделениях Олекминского района.

Вместе с тем нет оснований считать этот район в целом полностью бесперспективным даже с позиций литолого-фациального анализа, так как выше по разрезу здесь имеются сульфатные комплексы (ведьская свита).

Совершенно ясно, что для данного района, как и для всей Сибирской платформы, необходим анализ не только рассмотренных литолого-фациальных, но и всех других геологических предпосылок (Соколов, 1958, 1959, 1960 и др.)

Несомненный интерес при этом представляет выявленная А.И.Отрешко (1960, 1965) для Поволжья и Приуралья генетическая связь серных залежей в сульфато-карбонатных отложениях палеозоя с долинами, врезанными в эти отложения.

Весьма существенно, что приуроченность метасоматических серных залежей к склонам древних долин, дренирующих сульфатносную толщу, доказана в настоящее время для Гаурдакского серного месторождения (Гуревич и др. 1966), причем здесь установлена закономерная связь формирования залежей с определенными этапами истории развития долин, изменениями базисов эрозии, перемещениями гидрохимических зон и т.п. (см. статью Г.А.Беленицкой в этом же сборнике).

Мы не считаем возможным связывать по времени возникновение вообще всех серных месторождений только с неогеновыми размытиями, к чему явно склоняется А.И.Отрешко (1960, 1965, 1966). Этому противоречит, в частности, образование богатых серных залежей в четвертичных конгломератах в Шорсу, а также наличие достаточно интенсивно протекающих процессов современного серообразования (Шорсу, Чангырташ и др.).

Мы полагаем также, что на современном уровне наших знаний нет оснований полностью исключать возможность серообразования и в связи с более древними, чем неогеновые, размытыми сульфатонасыщенных толщ.

Вместе с тем тщательный анализ геоморфологических и палеогеоморфологических условий с особым упором на выяснение истории и особенностей развития современной и древней гидрографической сети и тектонической мобильности изучаемого района в соответствующие отрезки времени представляется нам обязательным элементом при прогнозных и поисково-разведочных работах на серу в любом регионе.

Следует отметить, что на Сибирской платформе совершенно несомненна связь зон распространения гипергенных процессов с современными и древними (включая и доюрские) геоморфологическими особенностями того или иного района (Писарчик, 1963).

Можно полагать, что комплексное использование всех уже широко применяющихся геологических предпосылок для поисков месторождений серы при особом внимании к рассмотренным приемам литолого-фациального анализа сульфатонасыщенных толщ и зон их гипергенных преобразований с одновременным выявлением районов, наиболее благоприятных для массовой сульфатредукции, а также широкое привлечение метода геоморфологического (и палеогеоморфологического) анализа позволят ускорить разрешение достаточно сложной проблемы о перспективах сероносности Сибирской платформы.

ВСЕГЕИ МГ СССР

М.Г.Горбачев

ПЕРСПЕКТИВЫ СЕРОНОСНОСТИ СРЕДНЕЙ АЗИИ
И ЗАДАЧИ ДАЛЬНЕЙШИХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Территория республик Средней Азии с давних пор рассматривается как крупная сероносная провинция. С конца 30-х годов здесь проводятся поиски и разведка месторождений самородной серы. До открытия Предкарпатского бассейна Средняя Азия была основной базой добычи самородной серы в СССР.

Предшествующим этапом любой стадии развития поисковых работ является теоретическое обоснование и прогноз возможных месторождений, достоверность которого находится в прямой зависимости от того, насколько детально изучено геологическое строение данной площади и генезис скрывающихся месторождений.

В довоенные годы А.С.Уклонский с позиции парагенезиса серы и нефти кроме районов с известными месторождениями серы (окраины Ферганской депрессии и юго-западные отроги Гиссарского хребта) выдвигал район Бухары и нижнего течения р.Чу. Учитывая поисково-оценочные критерии, он рекомендовал искать месторождения серы там, где разрушаются месторождения углеводородов. Потенциальные запасы серы Средней Азии оценивались им как равные выявленному в то время запасам серы на побережье Мексиканского залива.

В послевоенные годы А.С.Соколов, руководствуясь геологическими закономерностями размещения и строения месторождений самородной серы в осадочных породах, выделил самостоятельную Среднеазиатскую сероносную провинцию, северная граница которой на Советской территории проводилась по Мангышлакскому хребту через Каратау-по западным отрогам Зеравшанского хребта, включая Ферганскую депрессию. В качестве перспективных площадей рекомендовались переходные зоны от крупных поднятий к прогибам, в пределах которых месторождения серы следует ожидать в крыльях и прилегающих частях положительных структур, размытых до продуктивных сульфатно-карбонатных отложений.

В 1964 г. А.И.Отрешко конкретизировал границы Среднеазиатской провинции, проводя их на северо-западе от залива Кара-Богаз-Гол к северо-западному берегу Аральского моря; на северо-востоке - по р.Сыр-Дарье, а на востоке - по палеоазиатскому обрамлению.

В 1966 г. нами было проведено перспективное районирование сероносности Средней Азии, изложенное в статье "Перспективы сероносности Средней Азии". Принимая за основу геотектоническое районирование, размещение прямых и косвенных признаков сероносности, а также особенности региональной нефтегазоносности, на советской территории, Среднеазиатская сероносная провинция выделяется в пределах Туранской эпигерцинской платфор-

дизъюнктивных дислокаций. Этим же можно объяснить наличие жильных сульфидов цинка, железа, свинца, меди, не имеющих связи с магматическим очагом и образованных в осадочных и метаморфических породах нефтегазоносных районов. С другой стороны, если в зоне серообразования будет наблюдаться избыток породы, то процесс восстановления сульфидной серы протекает интенсивно, но самородной серы образуется мало. Недостаток сульфатов или легких углеводородов ведет к образованию небольших месторождений самородной серы.

В сероносных регионах, где сульфатность носит региональный характер и имеются благоприятные предпосылки нефтегазоносности, решающими факторами образования крупных месторождений серы являются структурно-тектонические условия и степень открытости сульфатных отложений. При этом большое значение имеет дизъюнктивная тектоника.

В 1963 нами был проведен анализ структурно-тектонических условий размещения и строения месторождений самородной серы, изложенный в статье "Структурно-тектонические закономерности размещения и строения месторождений самородной серы в Амударьинском регионе". В результате выяснилось, что как прямые (месторождения и серопроявления), так и косвенные признаки сероносности (целестин и другие парагенные с серой минералы, зоны сернокислотного выветривания, солончаки, нефтяные и сероводородные источники) закономерно тяготеют к зонам субширотных разломов в платформенной части региона и к зонам кулисообразного сочленения альпийских структур в эпиплатформенной его области. Как показали геофизические исследования в юго-западных отрогах Гиссарского хребта, эти зоны кулисообразного сочленения альпийских структур развиты над крупными разломами фундамента.

На подавляющем большинстве серных месторождений Средней Азии крупные разломы проявляются на поверхности и достигают амплитуды 2500 м (Каракумы, Газли, Гаурдак -1500; Тубегатау -700; Шакарлик-Астана -2500; Аккапчигай, Ходжаипак -2500; Шорсу, Чангырташ -1700 м и другие). Характерно, что на этих месторождениях серные залежи также связаны с дизъюнктивными нарушениями подчиненного порядка, параллельными с основным нарушением или опережающими его.

Особенно наглядно это видно на Гаурдаке. В 1951 г., по полноте геологические планы рудника, мы задокументировали три разрывных нарушения: первое - по оси третьего участка и две следующие - опережающие его; одно нарушение - в нескольких метрах восточнее линии шахт № 1 и 2, а второе - проходящее вкрест простирания камер № 1А, Б, В, Г, Д 2-го эксплуатационного участка. В северной части этой зоны в последующем был выявлен сероносный участок Ш-1У. За недостаточностью материала высказанное нами 15 лет назад предположение о связи серных залежей Гаурдака с разрывными нарушениями не нашло широкой поддержки среди геологов, хотя при оконтуривании месторождения эта связь в некоторой мере была учтена. В настоящее время по мере отработки месторождения получено много новых фактов, и связь серных залежей на Гаурдаке с разрывными нарушениями вряд ли сейчас у кого вызывает сомнение.

Весьма показательна, что такая же связь наметилась и в Предкарпатье, где серные месторождения отличаются значительной выдержанностью. Не исключено, что аналогичная связь будет выявлена и на месторождениях Восточно-европейской провинции, и в других районах, особенно там где в контактах с сульфатными породами нет и не было коллекторов с углеводородами.

С позиции парагенезиса серы и нефти связь серных залежей и серных месторождений в целом с дизъюнктивными дислокациями вполне объективна, так как именно в зонах разрыва сплошности слоев ("шрамах" Земли) следует ожидать разрушения залежей углеводородов, особенно газообразных. Разрывы при этом выполняют роль каналов, подводщих углеводороды в зону серообразования.

В процессе проведения поисков эта закономерность, как и долины неогенового размыва в Поволжье, облегчает выбор перспективных участков и мест заложения поисковых скважин. Например, при выборе площадей для поисков на 1966 г. мы рекомендовали Кашкадарьинской экспедиции обратить особое внимание на участок кулисообразного сочленения антиклиналий Байсунтау и Кугитангтау (Курходжа), хотя при рекогносцировочном обследовании выходов верхней кры в 1960 г. на этом участке не было встречено признаков сероносности. Заложенные здесь первые скважины на глубине не встретили прожилки серы.

Руководствуясь изложенными выше, при определении высокоперспективных площадей в пределах выделенных пяти сероносных регионов отдано предпочтение установленным зонам региональных разрывных нарушений, переходным зонам от прогибов к поднятиям, где разрывы возможны, а также площадям развития солянокупольных структур.

Из приведенного материала видно, что перспективы Среднеазиатской сероносной провинции в предлагаемых границах далеко не исчерпаны. Эта сероносная провинция выгодно отличается от других провинций многообразием литолого-стратиграфических продуктивных горизонтов (девонских, каменноугольных, пермских, юрских, меловых, палеогеновых и неогеновых отложений), большой площадью с высокими перспективами и многообразием имеющих и возможных морфологических и структурно-тектонических типов месторождений самородной серы. Наряду с небольшими месторождениями типа серных бугров, линзовидных залежей или выдержанных по простиранию, но маломощных залежей южного Бабатага здесь известно крупное месторождение Гаурдак, и есть все основания ожидать больших по запасам месторождений типа предкарпатских и иракских. Здесь же возможны солянокупольные месторождения типа мексиканских.

Дальнейшие геологические исследования, в итоге которых должны быть выявлены новые крупные месторождения самородной серы, следует проводить в следующих направлениях:

1. Составление прогнозных карт для выделенных сероносных регионов, на которых должны быть обоснованы перспективные участки и определена очередность их освоения. Масштаб карт от 1 : 1 000 000 до 1 : 200 000.
2. Составление (для перспективных участков) крупномасштабных прогнозных карт (масштаб 1: 50 000 - 1: 10 000), задачей которых явится обоснование не только комплекса полевых работ, но и мест заложения поисковых скважин. Весьма желательно, чтобы крупномасштабные карты хотя бы в минимальном объеме выдавались при составлении мелкомасштабных карт в виде врезок.
3. Параллельно с составлением прогнозных карт необходимо разработка поисково-оценочных критериев.

4. В ближайшее время необходима разработка и внедрение в полевую практику геофизических, микробиологических, геоботанических, геохимических и других методов поисков. Это позволит при поисковом бурении перейти от геометрических сеток к единичным скважинам, что снизит себестоимость и повысит эффективность поисковых работ.

5. Независимо от составления прогнозно-тематических работ, необходимо всячески развивать полевые работы и не только в районах известных месторождений, но и на новых площадях с использованием хотя бы оперативных данных прогноза месторождений самородной серы.

Экспедиция Химгеолнатур МГ УзССР.

В.С. Попов

НАПРАВЛЕНИЕ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА СЕРУ В СРЕДНЕЙ АЗИИ

Целенаправленность и эффективность поисковых и поисково-разведочных работ возможны только в том случае, если мы будем знать условия образования и закономерности размещения серных месторождений изучаемого региона. На территории Средней Азии эти вопросы, к сожалению, изучены еще недостаточно. В этой связи кроме структурно-формационного анализа, предусматривающего составление палеогеографических и других схем с целью выявления возможных ареалов отложений, благоприятных для сероаккумуляции, необходимо углубить литологическое изучение сероносных отложений, обращая особое внимание на выявление эпигенетических изменений. Литолого-фациальные карты, построенные с учетом детально изученных разрезов по известным сероносным площадям, позволят решить многие вопросы, знание которых необходимо при разработке поисковых критериев.

По ряду геологических предпосылок общие перспективы выявления новых сероносных площадей в Средней Азии и в прилегающих к ней районах достаточно велики. В первую очередь должны быть выявлены перспективы верхнеюрских сероносных отложений юга Средней Азии. Имеющийся материал указывает на то, что

перспективные площади могут быть резко расширены. Большой интерес представляют отложения верхнего девона-нижнего карбона и перми в Чуйской впадине и ее горном обрамлении, а также бухарские слои палеогена на значительной территории Средней Азии. Определенные перспективы выявления сероносности имеются и в более молодых отложениях - в неогене.

Необходим сбор и анализ дополнительного материала. Придавая большое значение тектоническим факторам, в частности роли эрозионного среза, степени раскрытости структур, размывам, последующим перекрытиям раскрытых структур, дизъюнктивным нарушениям, влиянию неотектонических движений, обуславливающих эпитетические процессы, мы считаем нужным подчеркнуть углубленное гидрохимическое и гидрогеологическое изучение при решении вопросов генезиса серных месторождений. Выявление гидрохимической зональности для отдельных площадей будет способствовать эффективности поисково-разведочных работ. Такие работы, взаимосвязанные с изучением газового состава, битуминозности и нефтеносности самих вод и вмещающих пород, позволят более целесообразно вести поиски серных месторождений и с высокой степенью достоверности оценить перспективы сероносности отдельных площадей и регионов в целом. Достоверность сделанных выводов еще больше возрастет, если они будут дополнены микробиологическими исследованиями, которые мы собираемся проводить. Учет всего многообразия факторов, обуславливающих образование промышленных скоплений серы, позволит решить очень сложный вопрос генезиса серных месторождений и на этой основе разработать комплекс поисковых критериев.

При разведке месторождений необходимо широко применять геофизические методы. Методика разведки должна разрабатываться для каждого типа месторождений отдельно. Так например, в юго-западных отрогах Гиссара в связи с особенностями развития тектоники и ряда других факторов она может отличаться от методики разведки месторождений Таджикской депрессии и т.д. Это большой самостоятельный вопрос.

САИГИМС МГ СССР

Г.А.Беленицкая

ДРЕВНИЕ ПОГРЕБЕННЫЕ ДОЛИНЫ СРЕДНЕЙ АЗИИ И СВЯЗЬ С НИМИ ПРОЦЕССА СЕРООБРАЗОВАНИЯ

При изучении некоторых серных месторождений Средней Азии установлена тесная пространственная и генетическая связь между образованием этих месторождений и древними эрозионными долинами, дренировавшими сульфатосные толщи до образования в них серы. Эта связь отчетливо проявляется в наиболее полно изучена на Гаурдакском серном месторождении (Гуревич и др., 1966). Поэтому, прежде чем проанализировать связь процессов серообразования с погребенными долинами в других районах Средней Азии, вкратце следует остановиться на данных, полученных для Гаурдака.

1. Схема формирования серной залежи Гаурдакского месторождения в связи с развитием древней долины

Анализ материалов по Гаурдакскому месторождению показал, что вдоль западного крыла Гаурдакской антиклинальной складки, к которому приурочена серная залежь, проходит погребенная долина Кан-Сая (Гаурдакская прадолина), глубиной свыше 350 м. Серная залежь находится в ее левом (восточном) борту, сложенной толщей ангидритов гаурдакской свиты (J3 кимеридж-титон), мощностью до 230 м, залегающей на известняках гиссарской свиты (J3 оксфорд).

Осернение, сосредоточенное в нижней части ангидритовой толщи, представлено (снизу вверх): основной промышленной залежью "F", залежью "D" и горизонтом осерненных известняков "R" (рис.1). Работами Е.С.Парникеля и И.С.Лазарева (Лазарев, 1963) установлено, что распространение серных залежей контролируется широко развитыми на месторождении зонами разрывных нарушений, четко проявляющихся в известняках оксфорда и быстро затухающих в толще ангидритов.

В настоящее время установлено, что серная залежь Гаурдакского месторождения состоит в основном (почти на 90%) из сер-

но-кальцитовых руд метасоматического генезиса, образовавшихся в результате непосредственного замещения ангидритов серой и кальцитом (Коган, 1962; Лазарев, 1963), что подтверждается и нашими исследованиями.

Метасоматические руды целиком слагают серную залежь F, приуроченную к низам ангидритовой толщи - к контакту ее с подстилающими битуминозными известняками оксфорда. Залежь D, расположенная выше залежи F и почти повсеместно отделенная от нее отложениями ангидрита непостоянной мощности (0-50 м), приурочена к прослою первичных известняков, по-видимому не выдержанному по простиранию и по мощности. Руды залежи D возникли как за счет осернения этих первичных известняков (путем выполнения в них трещин, каверн и пустот), так и, главным образом, за счет метасоматического замещения контактирующих с известняками ангидритов. Сера в известняках горизонта R (и частично D), а также в раздробленных участках ангидритов выполняет трещины, поры, карстовые пустоты и т.д. Сера, обнаруживаемая местами в четвертичных отложениях, является цементирующим веществом.

Принципиальное отличие образования этих двух основных типов руд (метасоматически замещающих ангидрит и выполняющих трещины и поры) состоит в том, что в первом случае процессы редукции сероводорода и его окисления пространственно обличены, а во втором - в той или иной мере разобщены. При этом предполагается, что процесс серообразования состоит из двух взаимосвязанных процессов: редукции сульфата до сероводорода и последующего окисления сероводорода до серы.

Зона, в которой эти процессы осуществляются в настоящее время одновременно, характеризуется определенным окислительно-восстановительным режимом (Гуревич и др., 1966). Гипсометрический уровень в разрезе этой зоны регулировался в процессе формирования серной залежи положением кислородной границы и гидродинамических зон. Фактором же, в свою очередь определяющим и регулирующим гипсометрическое положение кислородной границы и гидродинамических зон в бортах долины, служил эрозионный врез этой долины.

В истории развития древней Гаурдакской долины устанавливаются три основных этапа, связанных с колебаниями базиса эрозии.

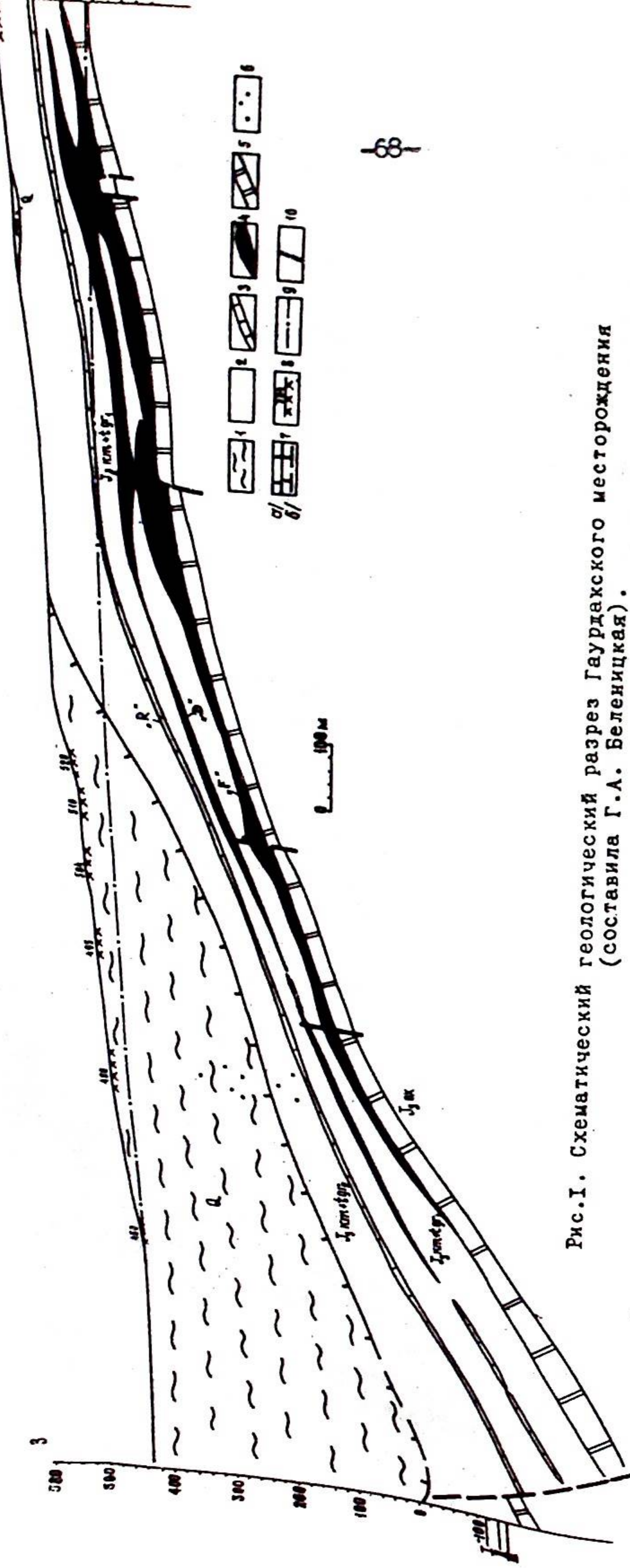


Рис. I. Схематический геологический разрез Гаурдакского месторождения (составила Г. А. Беленицкая).

1-четвертичные отложения; отложения гаурдакской свиты: 2-ангидритовая толща; 3-известняки горизонтов "D", "D1", "D2", 4-серосные залежи "E", "D", "D1", "D2", 5-оксфордские известняки; 6-редкая вкрапленность серы; 7-поверхность дочетвертичных пород; а) вскрытая скважинами, б) предполагаемая; 8-террасовые площадки с абсолютными отметками их поверхности; 9-уровень подземных вод; 10-тектонические нарушения. Максимальные глубины: 1-серных руд, 2-древних эрозионных врезов и карста, 3-древнего впадения Аму-Дарьи.

1) образование глубокого вреза древней долины (до абс.отметки ниже 115 м, предположительно от 0 до 100 м) с одновременным развитием карста (по данным разведочного бурения до отметки -120 м)

2) заполнение пра долины обломочным материалом (до абс.отметок 520-580 м).

3) новое врезание -переуглубление долины с образованием ряда террас на уровнях от 520 до 460 м (последующие более мелкие колебания базиса эрозии,нашедшие отражение в строении долины, здесь не рассматриваются).

Со всеми тремя этапами жизни долины неразрывно связано и развитие карста, что подтверждается особенностями его строения и распространения в плане и по разрезу.

Карстовые системы развивались в мощной ангидритовой толще, главным образом вдоль контакта ее с подстилающими водоносными известняками оксфорда вблизи зон тектонических нарушений. Вместе с тектоническими нарушениями карстовые системы служили основными путями движения вод (как глубинных, так и поверхностных) и соответственно своего рода очагами, в стороны от которых распространялись процессы серообразования в ходе формирования серной залежи.

Образование глубокого эрозионного вреза древней долины в конце неогена ^{привело} к возникновению мощной зоны активного водообмена и к относительно низкому положению кислородной границы. Именно благодаря этому могло происходить окисление сероводорода до серы на наиболее глубоких уровнях (до абс.отметок -100 и -150 м). С последующим постепенным повышением базиса эрозии, при заполнении долины происходило сокращение мощности зоны интенсивного водообмена и восходящее перемещение кислородной границы. Благодаря этому редукция сероводорода и его окисление до серы могли происходить на все более высоких гипсометрических уровнях.

Таким образом, возникновение метасоматических руд на наиболее низких гипсометрических уровнях связано со стадией существования наиболее глубокого вреза, а рост залежи (главным образом за счет наращивания ее верхних частей вдоль склона) - с последовательным заполнением эрозионного вреза. Образование

наиболее "высоких" (гипсометрически) горизонтов рудных тел и завершение формирования залежи обусловлены заполнением долины. Почти полное совпадение абсолютных отметок максимальной глубины (-117 м) и максимальной "высоты" (560-580 м) распространения метасоматических серных руд с максимальными глубинами эрозионных врезов и развития карста (-150 м -140 м -для района в целом; -115 и -120 м -для участка месторождения) и с максимальными "высотами" распространения аллювиальных отложений на участке месторождения (560-600 м) как нельзя лучше подтверждает эту взаимосвязь.

С третьим этапом жизни долины -ее переуглублением -связано новое понижение кислородной границы, вывод верхней части серной залежи (до абс. отметок 450-480 м) в окислительную обстановку и частичное окисление ее.

Таким образом, формирование серной залежи в борту древней Гаурдакской долины находилось в прямой зависимости от формирования самой долины: со стадией заполнения долины связано образование залежи, а со стадией переуглубления, главным образом, ее разрушение.

Геохимический смысл этой закономерности заключается в том, что долина является фактором, регулирующим положение кислородной границы, гидродинамических и геохимических зон в сульфатоносной толще, а через них -сам процесс серообразования. Вместе с тем, пра долина служит свидетельством наличия древних базисов эрозии на более низких, чем сейчас, гипсометрических уровнях.

Нижняя возрастная граница процесса серообразования определяется временем образования эрозионного вреза долины в конце неогена (средней плиоцен). Длительность этого процесса устанавливается на основании следующих фактов:

а) наличие закономерной связи между особенностями строения, состава серных залежей и положениями базиса эрозии на различных этапах четвертичного периода;

б) наличие серы в выполняющих долины четвертичных отложениях;

в) вероятность развития процесса серообразования в настоящее время по комплексу геохимических, микробиологических и минералогических данных.

На основании этого предполагается, что процесс серообразования мог развиваться с конца неогена на протяжении всего четвертичного периода.

Дальнейшее изучение особенностей строения серных залежей в увязке с геологической историей района на протяжении четвертичного периода, вероятно, позволит уточнить возраст формирования основной массы серных руд.

Как будет показано ниже, Гаурдакское месторождение является, по-видимому, частным проявлением общей закономерной связи серных залежей с древними долинами, врезаемыми в сульфатонесные толщи или дренировавшими их. Подтверждением этому служит пространственная приуроченность месторождений серы к древним долинам, установленная А.И.Отрешко (1960, 1965) для районов Поволжья, Западного Приуралья и Прикаспия, а теперь выявленная также для ряда районов Средней Азии.

2. Некоторые сведения о развитии древней гидрографической сети на территории Средней Азии

На территории Средней Азии (по литературным данным) устанавливается довольно широко развитая древняя гидрографическая сеть. Начальные этапы заложения речных долин на разных участках территории относятся к разному времени. Поскольку в данном случае нам важны лишь рассекавшие или дренировавшие сульфатонесные толщи наиболее древней из которых для юга Средней Азии является верхнеюрская ангидритовая толща, долины древнее меловых нас практически не интересуют.

Меловой и палеогеновый периоды на территории Средней Азии характеризуются относительно спокойным тектоническим развитием и слабым расчленением рельефа (Сваричевская, 1965). Данных о долинах того времени очень мало.

Расчленение и обновление рельефа на большей части территории Средней Азии началось с конца палеогена (со среднего олигоцена) - времени активизации новейших (альпийских) тектонических движений.

На первом этапе новейшей истории (средний олигоцен - нижний плиоцен) амплитуда врезания долин была небольшой, преобла-

дал площадной смыв, что было обусловлено, прежде всего, высоким положением базиса эрозии (Луппов, 1963).

На равнинных пространствах юго-запада Средней Азии установлены лишь отдельные фрагменты погребенной гидрографической сети этого времени с амплитудой расчленения не превышавшей, по-видимому, первых десятков метров (Блиская и др., 1966; Луппов, 1963; Смоляко, 1960).

Несколько более интенсивные процессы эрозии на этом этапе происходили, очевидно, только в горных областях, где поднимавшиеся горные хребты подвергались эрозионному расчленению, но и здесь преобладали долины со сравнительно неглубокими врезами.

Этапом наиболее интенсивного и глубокого эрозионного расчленения древнего рельефа на территории Средней Азии явилось среднеплиоценовое время. Основной причиной и стимулом энергичного врезания эрозионной сети послужило сильное понижение базиса эрозии, вызванное снижением уровня Каспийского моря (Яншин, 1953; Луппов, 1963).

Процессы эрозионного расчленения среднеплиоценового времени в той или иной мере проявились, по-видимому, во всех областях, прилегающих к Каспийскому бассейну или так или иначе с ним связанных: на Кавказском побережье, в Поволжье, Приуралье, Западной Сибири, Прииртышье, Казахстане, Средней Азии, а также в ряде районов Ирана и Афганистана. На территории Средней Азии прорезаются новые и переуглубляются ранее образованные, но прежде неглубокие долины. Эрозионное расчленение достигает абс. отметок порядка -200 м. Амплитуда расчленения превышает 500 м (Курдюков, 1951; Амурский, 1960; Беленицкая и др., 1966).

Возникает система глубоко врезанных долин рр. пра-Аму-Дарьи, -Сыр-Дарьи и -Зеравшана, пересекающих территорию Средней Азии с востока на запад и принимающих многочисленные (также глубоко врезанные) притоки.

Глубокие врез долины в течение конца неогена - первой половины плейстоцена были выполнены осадками, погребены и в рельефе в настоящее время, как правило, не выражены. Отдельные фрагменты древней эрозионной сети устанавливаются главным образом бурением (Амурский, 1960, 1964; Блиская, 1963, 1966; Айнемер и др., 1963; Животовская, 1963).

Особый интерес представляет установление довольно хорошо развитой древней эрозионной системы на территории юго-западных отрогов Гиссарского хребта в Гаурдах-Кугитангском районе (Беленицкая и др., 1966), одним из звеньев которой является упоминавшаяся выше Гаурдакская прадолина.

Древняя речная сеть в Гаурдах-Кугитангском районе представлена погребенными долинами рек: Аму-Дарьи - на юго-востоке, Кугитанг-Дарьи - на востоке, Кан-Сай (Гаурдакской прадолины) - на западе и Шор-Дарьи (Тюбегатанской прадолины) - на северо-востоке (рис.2). Вскрытая мощность четвертичных отложений, выполняющих эти древние долины, составляет свыше 420 м, абс. отметки дна достигают отметок -150 м. Долины приурочены к пологим западным и северо-западным крыльям соответствующих антиклинальных структур. Для района устанавливается тесная связь между развитием древних долин и их притоков, с одной стороны, и древнего карста - с другой.

Время образования основных глубоких врезов погребенных долин района, выполненных древнечетвертичными отложениями, на основании сопоставления с историей формирования прадолины Аму-Дарьи, следует, видимо, также отнести к среднему плиоцену. На территории Средней Азии можно, очевидно, ожидать выявления глубоких врезов для многих погребенных долин, заполненных ниже - четвертичными отложениями.

Начиная со среднего плиоцена до настоящего времени на территории Средней Азии происходило последовательное ритмичное чередование эпох размыва с эпохами аккумуляции. Однако интенсивность и продолжительность расчленения и осадконакопления, в силу, главным образом, постепенного общего повышения базиса эрозии, имела затухающий характер. В результате этого молодые долины большинства рек вложены в более древние.

Поскольку положение базиса эрозии в позднем неогене (в среднем плиоцене) было, вероятно, более низким, чем во все последующие отрезки времени, а врез речных долин - максимальным, то (учитывая преобладание унаследованного рисунка гидрографической сети) можно предполагать значительно меньшую роль послесреднеплиоценовых врезов в расчленении рельефа и в раскрытии структур. Однако, выявление и изучение врезов моложе сред-

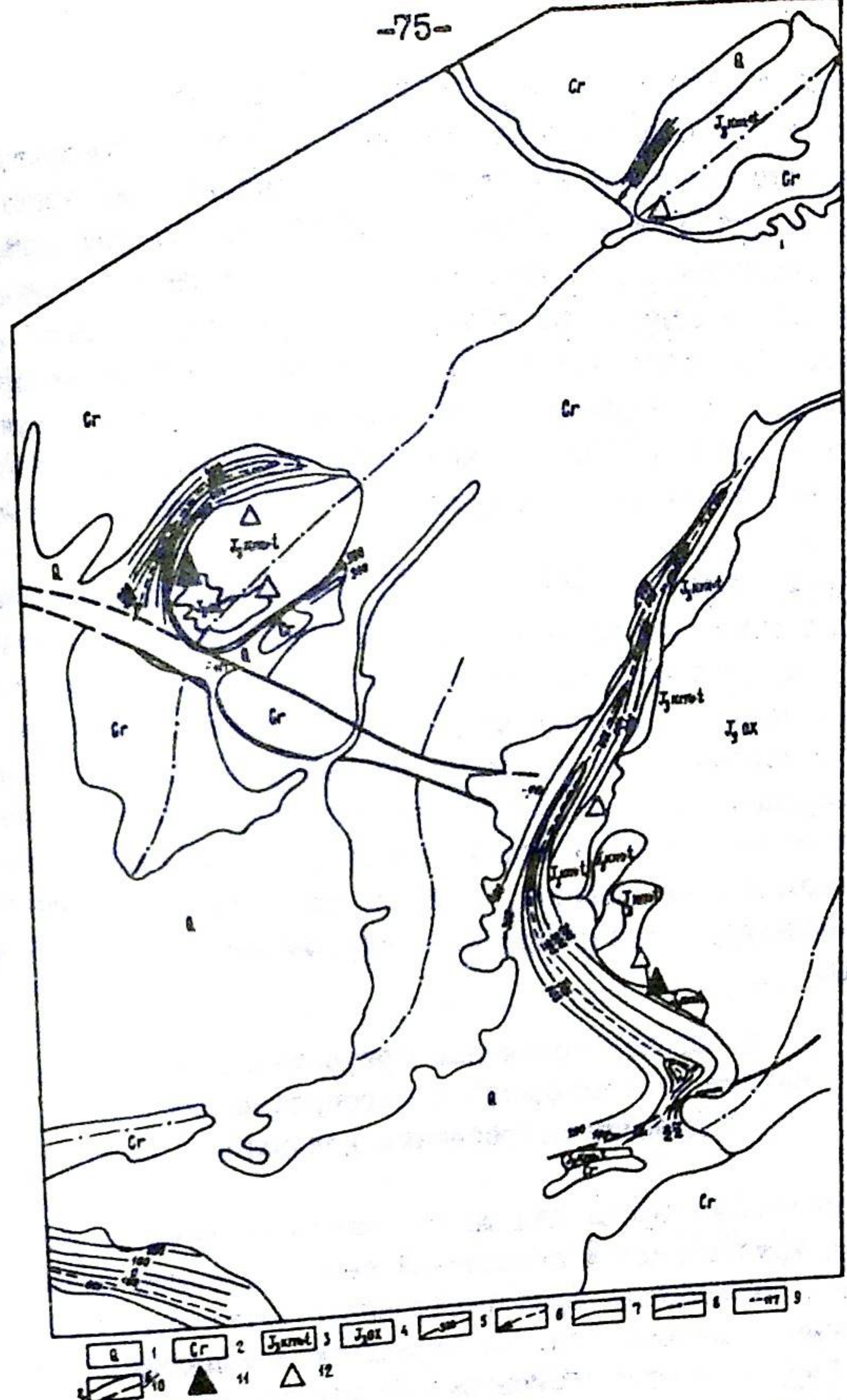


Рис.2. Схема древней эрозионной сети и участков серопроявления на крайнем юго-востоке Туркмении.
 1-четвертичные отложения; 2-меловые преимущественно песчаноглинистые отложения; 3-верхнеюрские ангидриты; 4-верхнеюрские известняки; 5-изолинии поверхности дочетвертичных отложений; 6 - осевые линии древних долин; 7-геологические границы; 8-наибольшие глубины карста в абс.отм; 9-оси антиклиналей; 10-линии крупнейших тектонических нарушений; 11-месторождения серы; 12-серопроявления.

неплиоценовых, как и более древних, необходимы.

Таким образом, имеющийся материал позволяет говорить о довольно широко развитой на территории Средней Азии эрозионной сети неоген-четвертичного времени. Особенно следует выделить глубокое эрозионное расчленение в конце неогена (в среднем плиоцене), проявившееся на обширной территории, прилегающей к Каспийскому бассейну как в Средней Азии, так и за ее пределами, приведшее, по-видимому, к нарушению закрытости структур до абс. отметок -150 -200 м на равнинной части этой территории и до несколько более высоких уровней в предгорных и горных районах.

Следует отметить, что основным фактором, контролирующим пространственное положение долин на всех этапах новейшего развития территории, являлся тектонический. Основная гидрографическая сеть горных и равнинных районов Средней Азии (как древняя, так и современная) заложена по тектонически ослабленным зонам, сопряженным с системами разломов глубокого заложения и длительного развития (Костенко, 1961; Амурский, 1964). Более мелкие долины и их притоки, а также карстовые системы связаны, по-видимому, с тектоническими нарушениями более высоких порядков.

3. Пространственная приуроченность серных месторождений и серопроявлений к древним погребенным долинам

В настоящее время для многих месторождений (в том числе для всех крупнейших) и проявлений серы в Средней Азии устанавливается отчетливая пространственная связь с древними погребенными долинами. Так, на площади юго-западных отрогов Гиссара в Гаурдак-Кугитангском районе месторождения и серопроявления находятся в бортах трех древних долин: Гаурдакской, Кугитангской и Тубегатангской, дренирующих верхнеюрскую сульфатно-карбонатную толщу.

Каракумские месторождения (Серные бугры) приурочены к выявленным на участке Серный завод -Кырк-Джудьба фрагментам древней погребенной долины (Блисковка и др., 1966). Характерно, что самая крупная в этом районе группа месторождений Кырк-

Джудьба (40 бугров) располагается внутри сложного разветвления, образованного эрозионным врезом древней долины.

По месторождениям Ферганской группы (Шорсу, Октябрьское, Чангырташ) в нашем распоряжении материала пока немного, но достаточно, чтобы и для них предполагать приуроченность к погребенным долинам-древним притокам пра-Сыр-Дарьи. Основанием для этого служат следующие факты:

1. Месторождения расположены вокруг участка древней Сыр-Дарьи с мощностью четвертичных отложений до 600 м (Нурматов и др., 1964).

2. Месторождения приурочены к современным притокам Сыр-Дарьи, а для рек этого района характерно унаследованное развитие их долин.

3. Месторождение Шорсу приурочено к борту р. Ачик-Су, протекающей параллельно системе других поперечных долин-южноферганских притоков Сыр-Дарьи: Шахимардан, Исфара, Сох (между двумя последними), для которых их древнее заложение установлено (см. выше).

4. На месторождении Шорсу установлено совпадение площади и глубины (250-300 м) развития карста и процессов осернения. Те же глубины устанавливаются и для Октябрьского месторождения. Учитывая данные по Гаурдакскому месторождению, где глубины распространения процесса серообразования и карста определяются глубиной вреза долины, есть основания предполагать и для месторождений Ферганы наличие врезом глубиной не менее чем 250-300 м. Это предположение подтверждается и данными бурения: скважина, пробуренная к северу от Октябрьского месторождения, вскрыла отложения древнего сая мощностью 117 м и не вышла из четвертичных отложений (Кликин, 1964).

Косвенным подтверждением наличия древнего вреза и последующего его заполнения могут служить выводы о вероятном более низком положении уровня подземных вод и о его постепенном повышении в процессе серообразования, сделанные Н.П. Юшкиным на основании изучения серных руд месторождения Шорсу.

Помимо тесной пространственной связи месторождений серы с древними погребенными долинами, характерно совпадение глубин распространения процессов серообразования с глубиной проявле-

ния эрозионных процессов (на месторождениях, где эти глубины установлены): с глубиной древнего вреза и карста — для Гаурдака (см. выше), с глубиной развития карста — для Шорсу и Октябрьского месторождения. За глубину распространения процесса серообразования принимается глубина распространения метасоматических серных руд. Находки серы, имеющие лишь минералогическое значение и встречающиеся на значительно больших глубинах, не учитываются.

Все изложенное вкратце сводится к следующему. На примере Гаурдакского серного месторождения устанавливается наличие генетической связи процесса серообразования с развитием древней эрозионной системы: древней долины и связанного с ней карста. Такая генетическая связь имеет место не только на Гаурдакском месторождении, а является, вероятно, общей закономерностью образования многих (или всех) серных месторождений, связанных с сульфатносными комплексами. В пользу этого говорит и намечающаяся пространственная приуроченность серных месторождений и серопроявлений в Средней Азии к бортам древних долин. Существенно, что вне Средней Азии, для районов Поволжья, Приуралья и Прикаспия, такая приуроченность, как уже упоминалось выше, была ранее отмечена работами А.И.Отрешко (1960, 1965). Все это свидетельствует о несомненной связи процессов образования серных руд с развитием древней эрозионной системы.

Таким образом, древние долины могут служить дополнительным важным поисковым показателем возможной сероносности сульфатносных комплексов, в частности на территории Средней Азии. При его использовании в первую очередь необходимо установить развитие сульфатносных толщ на соответствующих гипсометрических уровнях между древним и современным базисами эрозии. Естественно, что совершенно обязательным является учет всех других геологических предпосылок, комплекс которых сформулирован в работах А.С.Соколова (1958).

Вопрос о возрасте долин при образовании месторождений серы представляется непринципиальным, хотя при прогнозах и поисках в каждом конкретном случае решение его может иметь большое значение.

На примере Гаурдака можно считать установленным, что если в процессе заполнения глубоко врезанной долины происходит формирование месторождения, то в процессе последующего переуглубления долины — его разрушение (в результате вывода серных руд в зону окисления). Однако поскольку процессы эрозии и аккумуляции в жизни долины могли неоднократно повторяться (и повторялись): врезание — заполнение — переуглубление — новое заполнение и т.д., то и процессы роста и разрушения серной залежи могли последовательно чередоваться (естественно, что для этого нужно было сохранение всех других необходимых для образования серы условий).

Так, практически на всех месторождениях устанавливаются зоны современного окисления серных руд, расположенные выше уровня подземных вод и связанные с наиболее поздним понижением базиса эрозии. Кроме того, для месторождения Ровдох выявлено (Мерлич и др., 1963) наличие и более древней зоны окисления, распространенной значительно глубже современной и обусловленной, по-видимому, одной из фаз более низкого положения базиса эрозии. Можно предполагать, что детальное изучение особенностей состава и строения серных руд месторождений других районов с учетом истории развития эрозионной сети (колебания общих и местных базисов эрозии) поможет выявить также зоны и на других серных месторождениях.

Можно предполагать, что среднеплиоценовые глубинные врезывания в Средней Азии и в ряде других районов будут иметь первостепенное значение. Причина этого заключается прежде всего в особенностях палеогеографической обстановки конца неогена — начала четвертичного периода, а именно: наличие условий (низкое положение базиса эрозии) для глубокого расчленения поверхности в среднем плиоцене с разрушением нефтегазоносных структур и размывом сульфатносных комплексов и последующее интенсивное заполнение образовавшихся эрозионных врезываний осадками.

Нахождение и изучение древних долин и связанных с ними зон интенсивного водообмена могут способствовать не только поискам новых, но и разведке уже известных месторождений серы. Они могут иметь первостепенное значение при определении возможных глубин распространения метасоматических серных руд,

глубин распространения современных и древних процессов окисления, карста и т.д., а также глубины сохранения или вероятного разрушения нефтегазовых залежей. Безусловно, в каждом случае должна быть изучена история развития долин, а также перемещений зоны активного водообмена. Должна учитываться, кроме того, вероятность последующих опусканий или поднятий территории.

Для районов Средней Азии, не испытавших последующего опускания, наиболее вероятной максимальной глубиной развития процессов серообразования в сульфатносных комплексах равного возраста является гипсометрический уровень -150 -200 м для равнин и более высокий в горных районах. Этот же гипсометрический уровень в первом приближении, по-видимому, определяет и верхнюю границу сохранения закрытости нефтегазовых структур в неоген -четвертичное время.

Таким образом, можно считать установленными взаимозависимости как (между серными месторождениями и эрозийными системами (долины, карст); так и между тектоническими нарушениями и эрозийными системами.

Кроме того, все более отчетливо выявляется связь серообразования с тектоническими факторами - между зонами региональных тектонических нарушений и серными месторождениями (М.Г. Горбачев), между разрывными нарушениями второго порядка и отдельными серными залежами (Лазарев, 1963).

Все это позволяет говорить о вероятном существовании в серных провинциях "тройной" зависимости между процессами тектоническими, эрозийными и серообразования. Отражением этой зависимости является приуроченность к тектоническим нарушениям эрозийных систем, а к последним - серных месторождений и залежей.

При этом крупным региональным зонам разломов, вероятно, пространственно подчинены эрозийные впадины основных долин и серные месторождения, а оперяющим тектоническим нарушениям - карстовые системы (возможно, притоки древних долин) и отдельные серные залежи.

Установление одного из этих взаимосвязанных элементов в регионах распространения сульфатносных и нефтегазовых от-

ложений может помочь выявлению остальных. Наличие такой зависимости должно явиться весьма важным дополнительным критерием при прогнозировании и поисках месторождений серы.

Геологическое управление при СМ СССР

Г.Т.Саксеев

СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ САМОРОДНОЙ СЕРЫ В ПРЕДКАРПАТСКОМ БАСЕЙНЕ И ДАЛЬНЕЙШЕЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОИСКОВ СЕРЫ

Месторождения и проявления самородной серы в Предкарпатском бассейне находятся в осадочных отложениях неогеновой системы. Генетически они приурочены к хемогенным карбонатным осадкам-известнякам ратинского горизонта в сопровождении подстилающих их гипсоангидридов днестровского горизонта. Известняки и залегающие под ними гипсоангидриды стратифицируются как тирасская свита верхнетортонского подъяруса (миоцен), суммарной мощностью 20-40 м. Лежат они на размытой поверхности нижнетортонских или более древних -верхнемеловых отложений.

Указанные отложения тирасской свиты покрыты (с размывом) голубовато-серыми или светло-серыми уплотненными глинами верхнетортонского подъяруса (косовская свита) и нижнего сармата; мощность глинистых отложений увеличивается с северо-востока на юго-запад от 20-30 до 300 м и больше.

Территориально Предкарпатский бассейн самородной серы находится в югозападной части Украинской ССР, где выделяются следующие структурные единицы первого порядка (с востока на запад): Вольно-Подольская окраина Русской платформы, Предкарпатский передовой прогиб, складчатые сооружения Карпат и Закарпатский внутренний прогиб последней альпийской эпохи складчатости. Перечисленные структурные единицы нужно рассматривать как основные структурно-фациальные и, одновременно, историко-геологические единицы. Каждая из названных структур подразделяется в свою очередь на структуры второго и третьего порядка. В частности, Предкарпатский краевой (передовой)

прогиб подразделяется на две зоны - внешнюю, примыкающую к платформе, и внутреннюю, примыкающую к Карпатам.

Предкарпатский сероносный бассейн расположен в полосе сочленения окраинной подольской части Русской платформы с внешней зоной Предкарпатского краевого прогиба и ограничивается на юго-востоке Заболотовской впадиной, а в северо-западном направлении уходит на территорию Польской Народной Республики. В этой полосе сочленения размещается погруженная краевая часть платформы, ширина которой довольно непостоянна). Этот новый структурный элемент третьего порядка окраинной части платформы имеет принципиальное значение для поисков серы и разведки серных месторождений.

Таким образом, рассматриваемая территория бассейна в структурном отношении весьма неоднородна. Поэтому состав разреза, фациальные его особенности, мощности осадков в различных зонах подвержены существенным изменениям. Особенно четко структурная неоднородность подчеркивается гипсоангидритами тирасской свиты, которые в ряде случаев являются надежным маркирующим горизонтом геологических построений и надежной опорной поверхностью при сейсмических исследованиях. Достаточно убедительно структурная неоднородность характеризуется резким изменением мощности вышележащих глинистых отложений тортона и сармата.

Большой фактический материал свидетельствует о том, что Предкарпатский сероносный бассейн возник и формировался в связи с мощными тектоническими движениями, обусловленными образованием Карпатского складчатого сооружения. Тектоническая жизнь региона продолжается. Современные движения здесь (преимущественно восходящего направления) связаны со второй карпатской фазой складчатости, начавшейся в конце неогена и определившей современную моделировку Карпат.

В размещении месторождений и проявлений самородной серы наблюдается строгая и вместе с тем вполне закономерная приуроченность их к определенным структурно-тектоническим элементам. Известняки вместе с подстилающими их гипсоангидритами широко распространены на площади Предкарпатского сероносного бассейна. Однако сера, связанная с ними, встречается не везде.

Образование и последующее скопление самородной серы в карбонатных породах происходило на сравнительно небольших участках в тектонически подвижной полосе сочленения Подольской окраины Русской платформы с внешней зоной Предкарпатского краевого прогиба. Участки известняков в зависимости от их размеров, мощности пласта и содержания в нем серы, представляют собой крупные или мелкие серные месторождения и серопроявления, которых насчитывается около двух десятков. Пока такие месторождения и проявления серы выявлены на платформе, в ее относительно приподнятой или опущенной части. Месторождения северо-западной группы (Немировское, Язовское, Любеньское и др.) находятся в зоне флексур, переходящих по мере приближения к прогибу в ступенчатые сбросы, вытянутые в северо-западном (карпатском) направлении.

Серопроявления в известняках отмечаются обычно в нижнем крыле юго-западной флексуры, обращенной в сторону прогиба. Юго-западнее пликативные формы нарушения переходят в дизъюнктивные. Небольшие Сорочское, Вербижское месторождения и расположенная между ними западная линза Гуманецкого месторождения находятся в погруженном крыле нарушения, отвечающего опущенной части платформы (рис. 2 а-а, Б-Б). Восточная линза Гуманецкого месторождения расположена в приподнятом крыле сброса, на относительно приподнятой части платформы. Амплитуда смещения изменяется в 40-70 м, плоскость сброса погружается на юго-запад под углом 75-90°. Породы кровли и подошвы рудного пласта обычно сильно трещиноватые, а сам рудный пласт брекчированный.

Ровдольское месторождение приурочено к приподнятой окраинной части платформы и находится в сравнительно спокойных геоструктурных условиях - оно не подверглось дизъюнктивным крупным нарушениям, а лишь в северной части ограничивается флексурным перегибом субширотного простирания.

Деменское месторождение, аналогично Ровдольскому, расположено на платформе, но в южной части ограничено сбросом субширотного простирания с амплитудой погружения 100 м и больше.

Молодинческое месторождение расположено в приподнятой части платформы, вблизи северной окраинной части Молодинческой впадины. Оно состоит из двух небольших линзовидных тел, параллельно

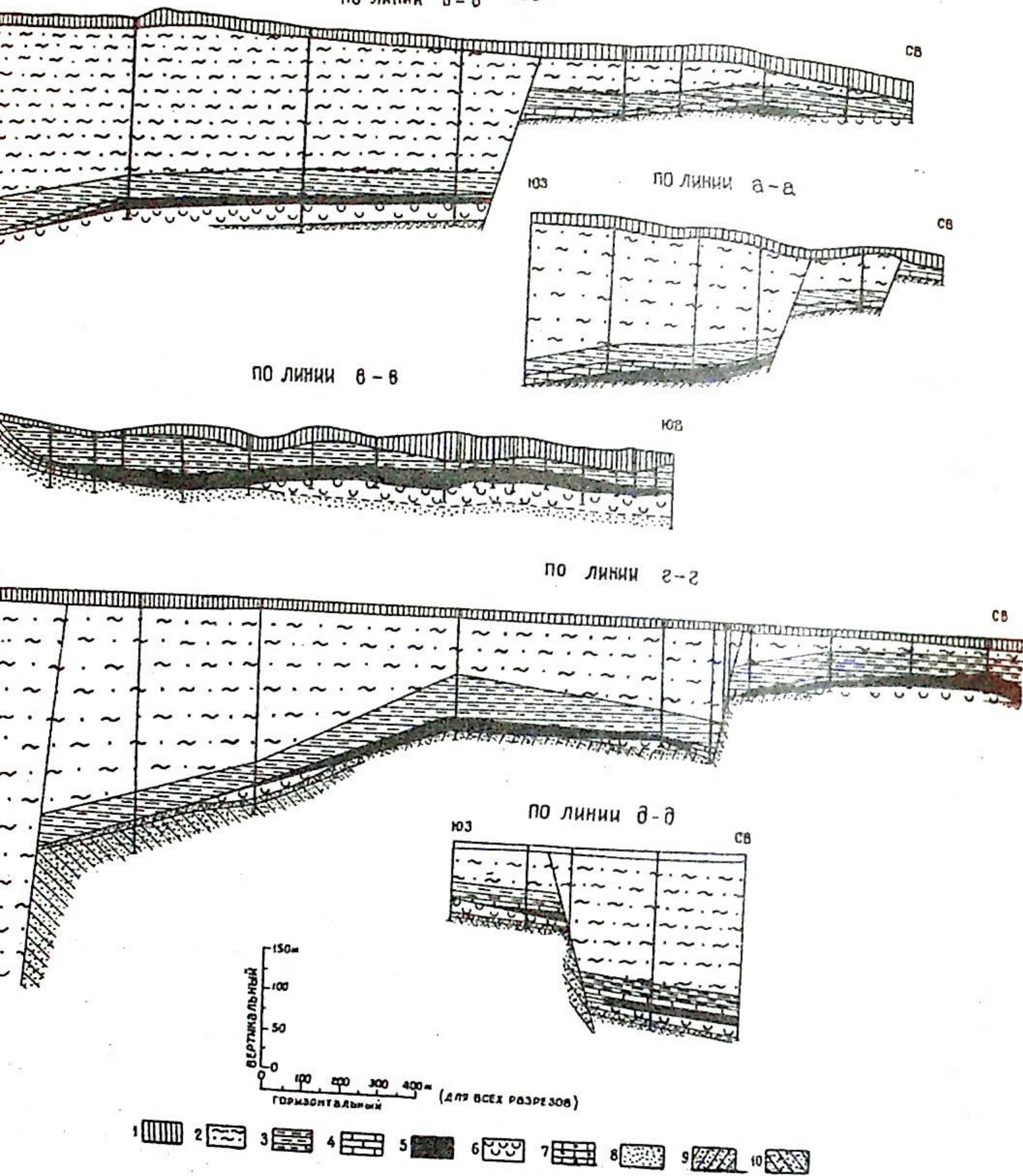


Рис. Геологические разрезы через серные месторождения.

1-суглинки, пески, гравий и галечники (четвертичные отложения); 2-глины голубовато-серые песчанистые (нижесарматский подъярус); 3-глины голубовато-серые, аргиллитоподобные, в основании перематые (ковоская свита); 4-известняки без серы; 5-известняки с серой; 6-гипсы и ангидриты (тирасская свита); 7-известняки литотамниевые; 8-песчаники органогенно-обломочные; пески (маравский горизонт); 9-песчаники зеленовато-серые с глауконитом (барановский горизонт); 10-пески и песчаники косослоистые (кампан-верхний мел).

вытянутых в северо-западном направлении. Обе линзы отделены друг от друга сбросом северо-западного простирания. Амплитуда сброса 80-90 м, плоскость сброса погружается на юго-запад под углом 75°.

В несколько своеобразных геолого-структурных условиях находится Подорожненское месторождение. Оно расположено в слабо погруженной части платформы на относительно приподнятом Подорожненском блоке (рис. , г-г-). По простиранию этот блок несколько отодвинут к западу. С юго-запада он ограничивается крупным региональным сбросом, с вертикальной амплитудой смещения более 500 м, который является тектонической границей между опущенной частью платформы и внешней зоной Предкарпатского краевого прогиба. С северо-востока Подорожненский блок тоже имеет тектоническую границу -здесь проходит сброс северо-западного простирания, с вертикальной амплитудой смещения 80-90 м, с погружением плоскости сброса в северо-восточном направлении под углом 80-85°. К опущенной части этого нарушения приурочено Журавненское серное месторождение, протягивающееся узкой полосой на 7-8 км (рис. , д-д).

С открытием Подорожненского и Журавненского серных месторождений выявлен новый структурный район, перспективный для поисков серы на площади бассейна. Поисковыми работами на продолжении Подорожненского блока в юго-восточной части выявлена Денецкая блоковая структура, а на ее площади тремя скважинами вскрыты сероносные известняки на глубинах 223-246 м промышленной мощности и с промышленным содержанием в них серы.

Тлумачское месторождение и южнее-Обертно-Якубовское серопроявление расположены в краевой юго-западной погруженной части платформы на границе с прогибом. Серопроявление в окрестностях с.Якубовки расположено у субширотного северо-восточного Обертно-Незвисского нарушения.

Самое южное в Предкарпатском бассейне Загайпольское серопроявление, расположенное на платформе, находится вблизи ступенчатых сбросов, один из которых отделяет платформу от прогиба, а второй является северным сбросом Заболотовской тектонической впадины.

На примере выявленных серопроявлений и разведенных серных месторождений четко прослеживается приуроченность их к разрывным структурам, развитым в зоне сочленения платформы с прогибом.

Указанная структурно-тектоническая приуроченность месторождений и проявлений серы с генетической точки зрения, и, в частности, с позиций эпигенеза серы, на наш взгляд, находит вполне логичное и закономерное объяснение. Известно, что для эпигенетического образования серы и серных месторождений необходимы: сульфатно-карбонатные породы, сульфатные и сероводородные воды, обязательная подчиненность подобного рода месторождений структурно-тектоническим нарушениям, связь с определенными геоструктурными условиями и неперемное присутствие углеводородов, способствующих образованию серы. На площади Предкарпатского прогиба во внутренней и внешней его зонах известны месторождения нефти и многочисленные месторождения природного газа.

В Предкарпатских серных месторождениях, имеющих все перечисленные благоприятные условия, в область развития гипсоангидритовых пород и формирующихся в них сульфатных вод углеводороды (жидкие или газообразные) поступали по многочисленным тектоническим трещинам, вероятнее всего из Предкарпатского прогиба. Они восстанавливали сульфаты до сероводорода с последующим окислением сероводорода до элементарной серы. Выбросы углеводородных газов при проведении разведочных работ наблюдались на Немировском, Язовском, Гуменецком, Подорожненском, Тлумачском серных месторождениях и на некоторых участках серопроявлений. В состав газа входят метан (до 96 %) высшие углеводороды (этан -0,28, пропан -0,10, пентан -0,18%), присутствуют сероводород, углекислота, в незначительном количестве азот. В серных рудах Роздольского месторождения установлены битумы типа масел и смол. Битуминозное вещество серных руд Роздольского месторождения по своей природе является близким к фракциям местной нефти.

Надо полагать, что углеводороды проникали в сульфатную среду окраинной части платформы и внешней зоны Предкарпатского краевого прогиба. Здесь по данным геофизики и структурного

бурения, установлено наличие гипсоангидритовых пород на 400 м и глубже. Гипсоангидриты на отдельных участках содержат в себе шаровидные, напоминающие солиды, образования серы, нередко в виде скоплений. Над гипсоангидритами единичными скважинами вскрыты ратинские известняки с промышленным содержанием в них серы. Так, скважина № 16, пробуренная трестом "Львовнефтегазразведка" в прогибе севернее с. Меденица, вскрыла ратинские известняки с серой на глубине 1108 м; скважина № 120, пробуренная тоже в прогибе (на площади Рудки-Судовая Вишня), на глубине 860-865 м вскрыла гипсоангидриты с густой вкрапленностью серы и прослом известняков с серой мощностью 0,5 м. Имеется ряд и других скважин, встретивших серное оруденение.

Учитывая фациальные условия и структурно-тектонические закономерности размещения серных месторождений и серопроявлений и связь их с углеводородами, поисковые исследования на серу нужно продолжать на участках Предкарпатского краевого прогиба, прилегающих к платформе.

К их числу относятся участки, смежные с серными месторождениями: а) Немировским и Язовским; б) Сорокским, Гуменецким и Вербижским; в) Подорожненским.

Первоочередным объектом для поисков серы в прогибе должен быть участок в районе Сорокского, Гуменецкого и Вербижского месторождений. Здесь хемогенные осадки находятся на глубинах 400-800 м. На площади двух других участков эти отложения залегают на глубинах 800-1000 м.

Львовская экспедиция МГ УССР

Г.М.Вдовиченко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ pH И eH ПОКРОВНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ
КАК МЕТОД ПОИСКОВ СЕРНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ГАУРДАКСКОГО ТИПА
(в порядке постановки вопроса)

Месторождения самородной серы в осадочных образованиях, как правило, являются "слепыми", т.е. не выходящими непосредственно на дневную поверхность. Обнаружение их обычными визуальными методами практически невозможно. Поэтому при поисках

подобных трудно открываемых месторождений наряду с геофизическими методами за последнее время начинают играть все более серьезную роль геохимические методы, в основе которых лежит выявление и анализ так называемых ореолов рассеяния, образующихся в результате миграции элементов в горных породах, водах, газах и почвах. Геохимические методы получили значительное развитие при поисках руд, нефти и газа. Недостаточная степень разработки этих методов применительно к неметаллическим полезным ископаемым обусловлена спецификой последних.

При поисках месторождений самородной серы геохимические методы почти не используются, хотя необходимость их разработки отмечалась неоднократно. Поисковые работы заключаются обычно в постановке бурения на прогнозируемых площадях. Отсутствие промежуточной поисковой стадии между прогнозами и поисково-разведочным бурением приводит к большому количеству "пустых" скважин, что, естественно, сказывается на стоимости геологических работ.

Примером может служить район Гаурдакского месторождения. В результате ряда исследований, представление о геологии, морфологии и генезисе Гаурдакского месторождения к настоящему времени коренным образом изменилось, тогда как методика поисково-разведочных работ на самородную серу существенных изменений не претерпела. Для повышения эффективности поисков здесь предполагается бурение по сгущенной сети скважин. Однако простое сгущение сети скважин не снизит, по-видимому, вероятности их попадания в пустые породы, но повлечет за собой излишнее увеличение затрат на производство работ. Бурение же по разреженной сети при поисках залежей жильного типа, приуроченных к зонам дизъюнктивных нарушений, может привести к пропуску рудных тел, что имело место в практике эксплуатации второго участка месторождения.

Представляется необходимым предварительное опосредованное прогнозирование площадей с применением геохимических методов. С этой целью на Гаурдакском месторождении предлагается опробовать метод окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) в несколько более широкой интерпретации (с определением pH). Метод ОВП был впервые разработан и применен для поисков нефти

в 1935 г. В.Э. Левенсоном и заключался в определении электрического потенциала, возникающего между природной средой — породой, почвой, водой и водородным электродом. Определения проводились в хлоридно-кальциевых вытяжках из образцов пород. В процессе исследований выяснилось, что весьма низкие величины eH и pH_2 имеют породы, содержащие сероводород (Левенсон, 1939).

И.П. Сердобольским (1948) была предложена другая разновидность метода — почвенная съемка по ОВП. В результате полевых исследований в Закавказье им установлено существование отрицательных аномалий ОВП почв, положение которых совпало с крыльями нефтеносной складки, ее переклиналильными окончаниями и дизъюнктивными нарушениями.

П.С. Славин и В.А. Ковда (1959) приводят примеры аномалий ОВП для конкретных месторождений, считая благоприятными условиями их формирования интенсивную миграцию растворов и газов, обусловленную наличием проводящих путей (трещины, разломы) и сухой жаркий климат.

К.В. Хуродзе (1964) в результате экспериментальных исследований в районе Даутского медноколчеданного месторождения показал, что при проведении поисков в условиях крутых горных склонов метод определения величины pH проб рыхлых покровных образований может применяться более успешно, чем металлометрия.

Возможность использования измерений pH и eH покровных образований как косвенного поискового метода на сероносные рудные тела в районе Гаурдака основывается на следующих геологических особенностях:

- 1) четкой связи сероносных залежей с дорудными тектоническими нарушениями (рис.1), характеризующимися разрывом сплошности пород и образованием зон дробления (зон повышенной трещиноватости и брекчирования);
- 2) приуроченностью высокопродуктивных и наиболее мощных залежей непосредственно к зонам блоковых нарушений;
- 3) высокой обводненностью сероносных известняков напорными сероводородными водами (H_2S до 1200 мг/л) по сравнению с преимущественно плотными водонепроницаемыми вмещающими породами;

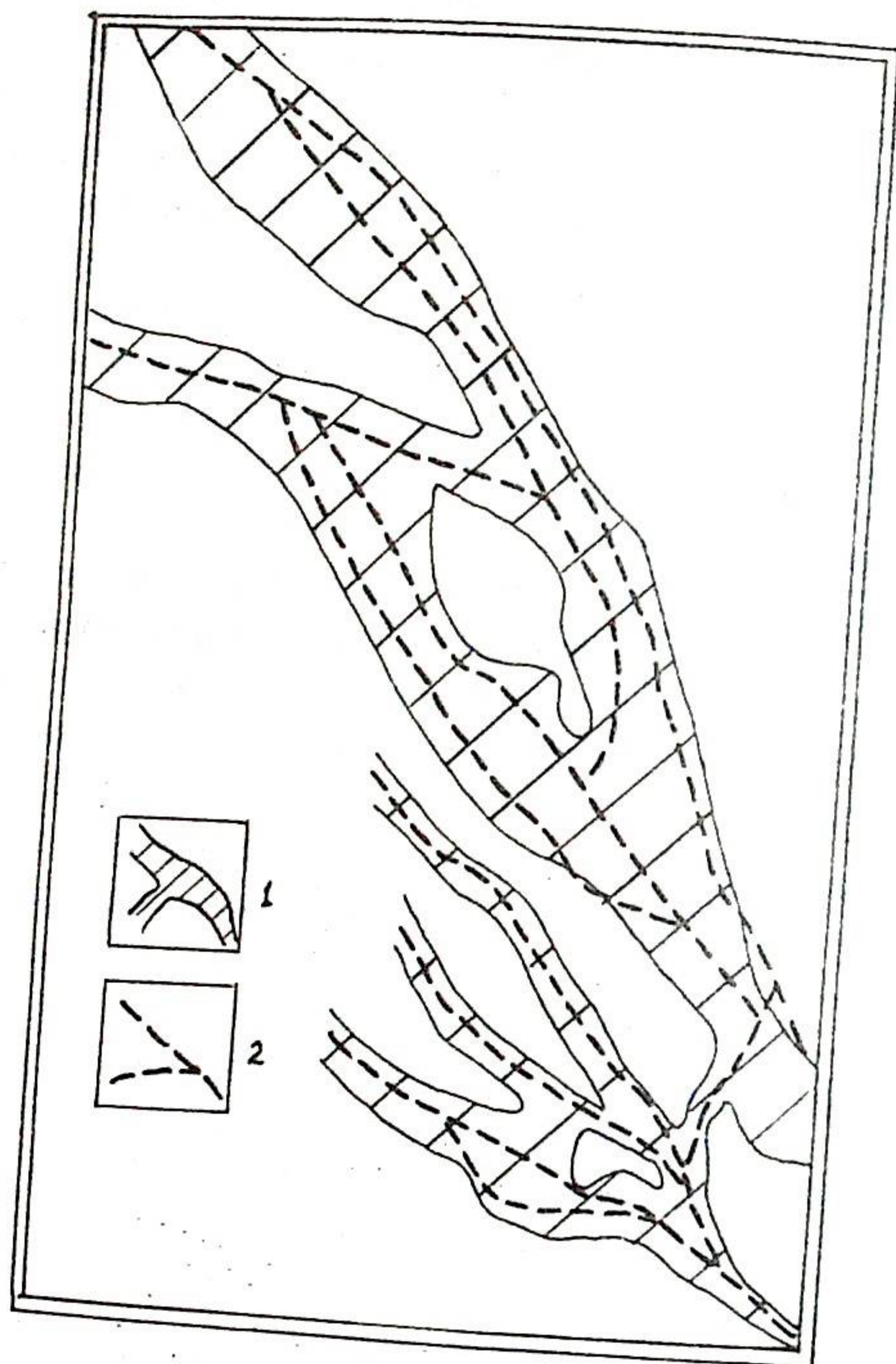


Рис. 1. Связь сероносных залежей Гаурдакского месторождения с тектоническими нарушениями. Участок подземного рудника (по материалам И.С. Лазарева).

1-сероносные залежи; 2-вертикальные дизъюнктивные нарушения.

4) наличием в перекрывающих породах свободного сероводорода и рассеянной элементарной серы, установленных при проведении поверхностной газовой съемки.

Изложенные факты дают основание полагать, что при проведении съемки на рН и еН в районе Гаурдакского месторождения можно ожидать аномалии, выражающиеся в переменных величинах этих параметров над рудными телами относительно более стабильных значений для окружающих пород. Снижение ОВП может быть обусловлено миграцией сероводорода от рудных тел к дневной поверхности по ослабленным зонам. Снижение рН и увеличение еН может явиться следствием окисления элементарной серы первичных или вторичных ореолов рассеяния. Попутно с измерениями рН и еН необходимо провести опробование исследуемых пород на содержание элементарной серы и микробиологические анализы на присутствие тиобактерий.

МГРИ.

Л.Е.Шаменин

О РЕЗУЛЬТАТАХ ОБСЛЕДОВАНИЙ ПРОЯВЛЕНИЙ САМОРОДНОЙ СЕРЫ В ПЛЕСЕЦКОМ РАЙОНЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ В 1965-1966 гг.

В 1965 г. житель д.Средь-Погост Плесецкого района В.С.Марков прислал в Северо-Западное геологическое управление письмо, в котором сообщал, что ежегодно весной (при таянии примерно половины снежного покрова) по ручью близ деревни и по р.Химе в продолжение трех недель (до половодья) течет белая серная пена, собираемая и высушиваемая местными жителями для лечебных целей. Химический анализ образцов серной пены показал содержание серы от 81,42 до 88,06%.

В сентябре 1965 года мною были обследованы ручей, р.Хима и торфяные болота, лежащие на 2-6 км выше ручья и реки. При бурении на этой площади (около 12 км²) оказалось, что породы-торф, пески и глины имеют резкий запах сероводорода. Содержание сероводорода в воде ручья составило 25%. В торфяных болотах были обнаружены 4 озера (площадь от 50 до 5500 м²),

почти доверху заполненные розовато-желтой или желтой органической массой, содержащей серу. Мощность слоя серосодержащей массы по краям озер колебалась в пределах от 0,5 до 4 м. На обследованной площади было отобрано десять проб пород и две - воды. Анализы воды показали, что она является гидрокарбонатно-сульфатной, магниево-кальциевой, очень жесткой, с повышенной минерализацией.

Результаты анализов по остальным пробам приведены в таблице.

Таблица

Пределы колебаний содержания основных компонентов, %	Розовато-желтая масса озер с запахом серы	Торф подстилающих озер болот /с запахом H ₂ S/	Образцы высушенной "серной пены"	Сучья, трава и веточки со дна ручья и реки	Ил со дна ручья (интервал 0,00-0,70м)
CaO	25,55-39,30	13,19-27,00	0,42	0,92	2,70
MgO	0,72-1,03	0,48-2,47	0,30	0,45	1,43
SiO ₂	1,08-3,36	1,52-32,50	1,96	38,02	81,20
Fe ₂ O ₃	0,08-0,40	0,78-2,62	0,24	1,00	2,11
Al ₂ O ₃ +TiO ₂	0,16-0,60	0,26-5,75	0,39	3,63	0,35
R ₂ O	0,11-0,27	0,29-2,23	0,22	1,36	3,40
П.п.п.	55,55-66,70	39,00-66,75	96,42	52,54	2,30
Серя общая	0,95-1,62	1:56-1,78	81,42-88,06	39,47	0,36
Серя элементарная	0,03-1,62	0,16-0,32	-	-	-

Первоначально предполагалось, что в рассматриваемом районе имеет место образование серы из сильно насыщенных сероводородом вод при выходе их на поверхность за счет окисления сероводорода (в биогенной среде "серных" озер). По анализам видно, что содержание серы в серосодержащей массе озер и торфе невелико. Сероводород, естественно, образуется в связи с разложением водами нижнепермской гипсовангидритовой толщи (в 25 км к юго-востоку от этой площади находится разведенное в 1960 г. Мехрень-

ское месторождение гипсов). Предполагалось, что серная пена стекает при весеннем подпоре вод в тонкодисперсном коллоидальном состоянии из "серных" озер в расположенные значительно ниже ручей и р.Химу.

Наблюдения геолога В.А.Ашадзе за ходом серной пены в марте 1966 г. показали, что светло-желтая и белая кашеобразная серная масса выжимается водой из берега ручья и только растекаясь по поверхности воды образует серную пену. Анализ двух проб этой светлоокрашенной кашеобразной серной массы показал содержание в ней от 42 до 45%. Выжимание подземными водами в ручей кашеобразной серной массы указало на наличие в коренной гипсово-ангидритовой толще нижней перми карстовых пустот, где скапливается (при разложении гипсов) серная масса, образующаяся в настоящее время.

В июне-октябре 1966 г. на площадях прилегающих к обследованному в 1965 г. участку и Мехреньгскому месторождению гипсов, геологом В.А.Ашадзе были проведены ревизионно-опробовательские, поисково-маршрутные работы с ручным бурением на глубину до 15 м. Маршруты располагались по берегам озер и рек и на площадях распространения серных родников.

В результате работ установлено следующее.

Серосодержащие озера, родники и речки (в количестве более тридцати) приурочены к площади длиной 50-60 км и шириной от 5-8 до 15 км, протягивающейся в направлении с северо-запада на юго-восток (и далее на юго-юго-восток), от с.Тарасово на д.Средь-Погост, Конецгорье, с.Церковное, в верховья р.Мехреньги (значительно выше Мехреньгского месторождения гипсов).

Южная часть площади (от Конецгорье и южнее, протяженностью более 40 км) геоморфологически на 20-30 м выше северной

Озера северо-западной части площади (от с.Тарасово до д.Конецгорье) мелкие (от 0,5 до 6-7 м глубиной), видимо карстовые, питающиеся слабо напорными и напорными водами сакмарского яруса, связанные с торфяными болотами. Серосодержащая масса обычно заполняет большую часть, а иногда и все озеро целиком; мощность по краям озер -от 0,5 до 6 м. Обычно в 5-20 м от берега озера серосодержащая масса отсутствует.

Озера юго-восточной и южной частей площади (юго-восточ-

нее д.Конецгорье) — ярко выраженные карстовые, провальные, глубокие (от 10-15 до 30-50 м), питающиеся непосредственно напорными (напор 31-42 м) водами гипсово-ангидритовой толщи нижней перми. Карст современный, в одном из озер видны вершины сосен 10-12-метровой высоты, в озеро уходит широкая проезжая дорога (по рассказам местных жителей озеро образовалось в 1957-1958 гг.) на месте бывшей речки. Серосодержащая масса этих озер более светлая и приуроченная только к крайним частям озер; мощность ее 0,5-6 м. Только на Шид-озере в средней части находятся две площадки, называемые местными жителями "серными столбами", около 30x30 м каждая, плотной серосодержащей массы, очень большой мощности (глубина озера около 50 м). Разбурить эти "серные столбы" до конца не представилось возможным.

В серосодержащей массе озер общей серы содержится от 0,17 до 5,86%; сульфатной, от 0,05 до 1,47%; элементарной от 0,03 до 1,92%. В серных пленках общей серы содержится (до 0,5-4 см мощностью) на поверхности воды озер или родников: в северозападной части площади до 41,27%, в юго-восточной до 19,75%, а сульфатной серы, соответственно, до 2,01 и до 19,04%. Последнее свидетельствует о непосредственном соприкосновении озер юго-восточной и южной частей площади с гипсово-ангидритовой толщей.

В августе-сентябре 1966 г. в дд.Королиха и Курка Гора Архангельским бурвodom пробурены две скважины (в 2,5 км друг от друга) глубиной 68 и 58 м (скважины бурились в основном шарошкой и только на 10-15% с отбором керна). Эти скважины встретили коренные породы (глинистые и кремнистые известняки, по-видимому, казанского яруса) на глубинах 4 и 11 м. Гипсово-ангидритовую толщу нижней перми скважины встретили (судя по резкому изменению прочности пород и провалам бурового снаряда) на глубинах примерно 20 и 30 м.

Откачка воды (с глубин соответственно 66 и 57 м), производившаяся по 15 дней, в течение первых 4-5 дней давала светло-желтую воду с серой (по поверхности откачиваемой воды плыли светло-желтые и желтые сернистые пленки). Резкий запах сероводорода чувствовался на расстоянии 200 м от скважины. Далее вода стала светлой, но с резким запахом сероводорода

до последнего дня откачки).

В валежках гжи (пресноводной извести) Чингас и Ел-озера, находящихся к западу и северу от обследованной на серу площадки, содержание общей серы колеблется от 1,05 до 5,86%, что говорит о широком распространении серы и на смежных с обследованной площадях.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Самородная сера обследованной площади является вторичной и образуется в настоящее время, скапливаясь в карстовых пустотах коренных пород нижней перми. Образование серы происходит при разложении водами мощной (до 60-80 м) гипсово-ангидритовой толщи нижнепермского возраста, широко развитой не только на обследованной площади, но и за пределами ее, в направлении к Звонскому месторождению гипсов, г.Емьцку и далее на север (по р.Кулою) к г.Мезени. Подтверждением этому являются: а) высокое содержание общей серы (42-45%) в кашеобразной массе, выносимой при весеннем подпоре вод на поверхность; б) количество серной массы, выносимой весной любым из тридцати источников (от 100 до 500 м³).

2. Вынос жидкой коллоидальной серной массы на поверхность происходит и дождливой холодной осенью (при условии высокого уровня грунтовых вод). Так, в сентябре 1966 г. из всех родников и речек текла белая, похожая на густое молоко, вода с резким запахом сероводорода (чего не было в сухую теплую осень 1965 г.). Визуально (по сравнению с весенними образцами 1966г.) содержание серы в этой массе было не менее 10-20%. В конце октября 1966 г. геолог В.А.Ашадзе (при морозах до -15°C) на территории Мехреньгского месторождения, где гипсы выходят на поверхность, образуя уступы, высотой до 5-9 м на протяжении 3-5 км, наблюдала три ручья с водой молочно-белого цвета с резким запахом сероводорода, вытекающих из гипсово-ангидритовой толщи.

3. Большое количество серных пленок в воде из скважин Архангельского бурвода в течение первых 4-5 дней откачки подтверждает возможность наличия в коренных породах гипсово-ангидритовой толщи нижней перми или в перекрывающих их карбонатных породах казанского яруса скопления самородной серы, представляющих практический интерес.

4). Скопления серосодержащей массы в озерах торфяных болот северо-западной части обследованной площади (от с. Тарасово до д. Конецгорье) являются, видимо, первичными "ореолами рассеяния", которые окружают промышленные скопления серы, связанные с трещинными напорными водами.

5. Представляется целесообразным пройти на обследованной площади 20-30 скважин механического бурения глубиной от 60 до 90 м специально для поисков самородной серы.

6. Поскольку карта прогноза сероносности Европейской части СССР должна быть составлена только к 1970 г., а площади распространения как гипсово-ангидритовой толщи нижней перми, так и карбонатных пород казанского яруса в Архангельской области весьма велики, поисковые работы на самородную серу необходимо форсировать, не дожидаясь постановки здесь геологической съемки масштабов 1 : 200 000 или 1:50 000.

Северо-Западное ГУ МГ РСФСР

ВЫСТУПЛЕНИЯ

П.М. Мурзаев. А.С. Соколов обстоятельно показал превалирующее значение теории метасоматоза в генезисе промышленных залежей самородной серы. Дальнейшие исследования, видимо, покажут равнообразие и сложность условий образования ряда залежей серы. Если еще имеются суждения о возможном неорганическом образовании сероводорода в реакции углеводородов с сульфатами при генезисе промышленных залежей серы, то желательна постановка аналогичных опытов при повышенной температуре или давлении с определением изотопного состава серы исходного сульфата и образующегося сероводорода. Эти опыты могут решить данный вопрос.

М.Ф. Стажук. Остановлюсь на двух моментах. 1. Трисульфатный ион-соединение комплексное и не содержит 4-валентной серы. Он легко поляризуется с разложением, поэтому неустойчив в природных условиях. 2. Реакция $SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e = H_2S + 4H_2O$ необратима, следовательно, образование H_2S из SO_4^{2-} непосредственно химическим путем маловероятно. В настоящее время дано микробиологическое обоснование образования H_2S и показана необратимость реакции $SO_4^{2-} \rightarrow H_2S$. В связи с этим геологам при толковании вопросов генезиса серных месторождений надо больше уделять внимания химическим тонкостям.

А.И. Отрешко. Хочу остановиться на некоторых вопросах методики прогнозных исследований и гипотезах о генезисе месторождений. Прежде всего надо подчеркнуть, что прогнозные карты различных масштабов должны быть нацелены на решение определенных конкретных задач. Мне думается, что эти задачи в общем виде могут быть сформулированы следующим образом:

а) масштаб 1:5 000 000 - 1:2 500 000 - выявление сероносных регионов с предварительной оценкой перспектив постановки научных и поисково-ревизионных геологоразведочных исследований;

б) масштаб 1:1 500 000 - 1:1 000 000 - выявление районов и площадей для постановки поисково-ревизионных работ с оценкой среди них высокоперспективных, перспективных и малоперспективных площадей;

в) масштаб 1: 500 000 - 1: 200 000 - детальный картирование геологических условий и оценка перспектив для проектирования поисковых работ значительных объемов;

г) масштаб 1:100 000 - 1:25 000 - проектирование поисковых и разведочных работ с выбором конкретных геологоразведочных выработок, их профилей, участков детальной разведки с вводом корректив при проведении поисковых и разведочных работ.

По вопросам генезиса на настоящем совещании состоялся обмен мнениями не менее обильный, чем и на других предыдущих совещаниях. Я с большим интересом выслушала сообщение А.С. Соколова о пополнении его концепции новыми положениями об образовании месторождений серы по сульфатосным породам при их метасоматически-инфильтрационном превращении. Мне думается, что этот процесс действительно происходит в природе, однако имеют место и другие процессы, отличные по совокупности геологических условий и приуроченности сероаккумуляции. Необходимо обратить пристальное внимание на химизм реакций в присутствии тиосульфатов. Эти реакции происходят в геохимической среде при наличии шестивалентной, четырехвалентной и двухвалентной серы. В частности, в зоне вторичного обогащения сульфидных месторождений при такой геохимической обстановке образуется и самородная сера, и самородное серебро, и самородная медь. Важно, что эти процессы происходят при обычных температурах, и чтобы в них разобраться, нужна помощь химиков и физикохимиков. Следует обратить внимание и на тот факт, что различные морфологические разновидности серы и гипса имеют изменяющийся изотопный состав серы. Эти данные надо не усреднять, а разбирать в их различии применительно к изменяющимся условиям процесса серообразования. Усредненные же величины приводят к неправильным выводам, именно так Р.Г. Панкина пришла к заключению о сингенетическом образовании Средневожских месторождений.

И.И. Алексанко. В прогнозных исследованиях нам надо больше использовать поисковые признаки и критерии, базирующиеся на количественных определениях. В связи с этим всесторонне должны подкрепляться изотопные анализы, а также геохимические опыты, проводящиеся сотрудниками Института минеральных ресурсов г. Симферополя. Институтам Министерства Геологии надо иметь свою масс-спектрометрическую лабораторию, которая вы-

полняла бы наши заказы.

М.Г. Вдовиченко. До сих пор в практике поисков на серу не применялись геохимические методы. Разработаны эти методы для неметаллических полезных ископаемых, в частности для серы, очень слабо. Поэтому сейчас кафедра полезных ископаемых Московского геолого-разведочного института начала разработку метода изотопного анализа, методов окислительно-восстановительного потенциала и микробиологического.

М.Г. Горбачев. Для проведения поисков нам нужен задел, а именно-прогнозные карты. Карты должны быть двух масштабов: мелкомасштабные - 1:1 000 000 - 1 200 000, крупномасштабные 1:25 000 и крупнее. Если для составления мелкомасштабных карт достаточно уже имеющихся закономерностей, то для крупномасштабных нужны еще дополнительные поисково-оценочные критерии, базирующиеся на генетических представлениях. Разработку вопросов генезиса надо поручить ГИГХСу, который должен скоординировать эти работы и привлечь к ним Институт минеральных ресурсов г. Симферополя и Институт микробиологии АН СССР. К разработке поисково-оценочных критериев необходимо привлечь и производственные организации. В решении совещания надо отметить и необходимость разработки новых методов поисков, составления инструкции по созданию прогнозных карт.

Я.К. Цисарчик. А.И. Отрепко говорит о неогене как о времени серообразования не только в Поволжье и Предуралье, но и в других районах - в Средней Азии, Предкарпатье и в Прикаспии (печатные работы). Мне кажется, надо быть гораздо осторожнее, не сбрасывать со счета как более древние, так и более молодые размыты. Я согласна с А.И. Отрепко в том, что нельзя слепо цепляться за количественные методы (изотопный анализ и др.). Безусловно, эти методы надо использовать, но результаты их должны толковаться грамотно, в увязке с наблюдаемыми геологическими фактами. Прогнозные карты должны быть разных масштабов: обзорные для крупных регионов - масштаба 1:2 500 000, 1:1 500 000 и обязательно карты-врезки. Для Средней Азии обзорная карта может быть составлена в масштабе 1:1 000 000. Карта должна составляться для всей территории вне административных границ.

В.С. Попов. Прогнозные карты должны составляться: региональные масштаба 1:1 000 000 и крупномасштабные 1:25 000. Карты крупнее 1:25 000 составляются уже для отдельных месторождений. Для развития точных методов исследований нам нужна лабораторная база, прежде всего масс-спектрограф. В связи с расширением и актуальностью работ по прогнозированию сероносности необходимо усиление групп, занимающихся этими работами. Необходимо поставить вопрос о создании секторов горно-химического сырья в новых институтах - КазИМС, САИГИМС. При разработке вопросов генезиса равными группами следует выбирать для отдельных групп разработку таких вопросов, по которым они могут дать наиболее эффективную отдачу.

Работа выполненная коллективом сотрудников под руководством А.И. Отрешко, базируется на огромном фактическом материале. Авторы успешно использовали фациально-^{литологический} фактор, учитывая границы развития сульфатно-карбонатных пород и изменения их в связи с геотектоническим характером изучаемых площадей. Однако эти сульфатно-карбонатные породы не получили более детального литологического изучения. Использование такой работы безусловно расширило бы значение фациально-литологического фактора при прогнозно-оценочных построениях. Изучение степени раскрытости структур и размаха неотектонических движений, обусловивших интенсивность развития карстовых процессов, разрушающих сероносные комплексы, позволили авторам провести прогнозную оценку изучаемых площадей. Гидрохимические критерии в работе использованы еще не в полную меру: систематизированы материалы главным образом по содержанию в водах иона SO_4 и частично сероводорода. Нужно было бы расширить эти исследования в направлении их генезиса, а также спектра определяемых в них компонентов. В частности, обязательно нужно определять CO_2 , HCO_3 , группу азотных соединений, а также элементов, являющихся парагенными сере в серных месторождениях. Кроме того, в прогнозных построениях должны найти отражение сведения о битуминозности изучаемых отложений. Доложенная нам работа позволит учесть положительный опыт при прогнозной оценке других территорий. Мы должны глубже изучать опыт отдельных коллективов, что в конечном результате поможет решить вопросы генезиса серных месторождений.

Г.А. Беленицкая. Остается фактом, что почти все месторождения лежат на склоны погребенных долин. В связи с этим необходимо учитывать такой поисковый критерий, как погребенные долины. Для выявления склонов погребенных долин могут применяться геофизические методы.

Н.В. Кирсанов. В обсуждаемом докладе малочлены результаты многолетних исследований по изучению сероносности Поволжья и Предуралья, проводившихся под руководством А.И. Отрешко в 1964-1966 гг. в Казанском геологическом институте, а до этого в Средневолжском геологическом управлении. Я хочу остановиться на двух моментах.

1. А.И. Отрешко связывает формирование серных месторождений с неогеновыми размывами. На совещании по неогену, проведенном в нашем институте в мае 1966 г. установлено, что формирование плиоценовых впадин по времени соответствует нижнему и среднему плиоцену и, что особенно важно, оно происходило одновременно /геологически/ по всей территории Союза. В связи с этим просьба к товарищам из других районов также обратить внимание на неогеновые впадины, особенно при наличии в том или другом районе комплекса остальных геологических предпосылок сероносности.

2. Мне думается, что и на нашей территории при поисках и прогнозной оценке следовало бы учесть и более древние, например триасовые, перерывы. С этой точки зрения возможно перспективным оказался бы район к югу от Лигулей, отнесенный сейчас авторами к неперспективным.

Е.Ф. Станкевич. При прогнозировании серных месторождений в числе всех прочих работ следует заниматься выяснением гидрогеологических, скорее даже гидрогеохимических условий, притом не столько современных, сколько древних. Поэтому большое значение будут иметь палеогидрогеологические построения. Практическое значение имеет также выяснение количества промышленных сероносных комплексов в разрезе осадочных пород. По-видимому, решать этот вопрос следует порегионально как практически, так и теоретически.

М.И.Шурлова. На территории деятельности Волго-Донского геологического управления известно Северо-Баскунчакское и Авагирское месторождения и другие более мелкие. По геологическим условиям территория благоприятна для накопления серы. В ближайшем будущем управление включится в работы по изучению сероносности.

Д.В.Козельский. Поисково-ревизионные работы на серу начаты Уральским геологическим управлением в 1965 г. Тематическими ревизионными работами выявлено 545 структурных скважин, встретивших серу. Серосодержание визуально по отдельным штуфам составляет от долей до десятков процентов. Сероносные интервалы охарактеризованы небольшим количеством керна. Оруденение наблюдается в известняках и доломитах филипповского горизонта кунгурского яруса и артинского яруса. В результате тематических работ были выделены 4 участка для постановки поисково-ревизионных работ. Описан пока один Уинский участок. Блестящих результатов здесь не получено. При изучении серопроявлений выявилась некоторая зависимость в их приуроченности, а именно: большинство серопроявлений приурочено к небольшим поднятиям и мульдам. Большинство серопроявлений связано с контактом филипповских и артинских отложений. Мы считаем, что, исходя из общих геологических предпосылок, в Пермском Предуралье, видимо, будут получены положительные результаты.

А.С.Соколов. Во Франции, Канаде, США последнее время все более значительную долю занимает сера, получаемая из природных газов. Мы кроме самородной серы должны обращать внимание и на возможность использования природных газов как источника серы. Лабораторные исследования в наших работах недостаточны, их надо развивать. Но нельзя согласиться с высказанными здесь мнениями, что геологические факторы, на основе которых мы строили свои гипотезы, - догадки. В наших работах геологические факторы - главное, а лабораторные опыты на данном этапе - подспорье. При составлении мелкомасштабных карт используются и достаточны поисковые предпосылки.

Для крупномасштабных карт более важное значение приобретает поисковые признаки. Первые хорошо отражены в статье А.И.

Отрешко, напечатанной в журнале "Советская геология". Поисковые признаки несколько лет назад были разработаны сотрудниками ГИГХСа, но эта работа осталась неопубликованной. Над поисковыми признаками нам надо еще работать, чтобы вооружить ими геологов-баскунчиков. Теперь уже ясно, что в дополнение к общим закономерностям мы должны принять на вооружение палеогеографический критерий, который А.И.Отрешко начал давно и усиленно разрабатывать на примере Поволжья и Предуралья. Мы должны также учитывать роль неотектонических движений.

Наша работа должна способствовать развороту поисковых работ на серу. Поэтому одновременно, а может и опережая, с составлением обзорной прогнозной карты мы должны составлять карты врезки. Хочу отметить ту большую, по-новому проведенную работу, которую выполнила в стенах Геологического института г.Казани небольшая группа высококвалифицированных геологов серников. Ими проработан огромный материал. Разработана методика прогнозирования. Интересно по-новому, проведены исследования по неотектонике. Считаю, что здесь можно было подойти и более дифференцированно, показав на прогнозных картах структуры не только 1-го порядка. Хорошо проработаны вопросы гидрохимии. Намечена правильная методика гидрохимических исследований. В последующем эти исследования надо дополнить и расширить.

В дальнейшем в прогнозных исследованиях оценку перспективности сульфатно-карбонатного комплекса желательно производить на основе более дробной литологической дифференциации этих комплексов. Приверженность к неогеновым размывам, по-моему, несколько догматическая. Надо принять к сведению замечания Н.В.Кирсанова и Я.К.Писарчик, обратив внимание как на более древние, так и в основном на более молодые размывы. Наконец, большое значение в формировании серных залежей следует придавать залежам нефти. В общем, работа интересная, выполнена творчески, в новом методическом плане. Несомненно, что она явится методическим прототипом для исследований в других районах и послужит основой для постановки поисковых работ в изучаемом районе.

Считаю, что работа заслуживает высокой оценки, и это найдет отражение в решении нашего совещания.

СОДЕРЖАНИЕ

<u>А.С.Зверев</u>	Задачи научных исследований на самородную серу	3
ДОКЛАДЫ И СООБЩЕНИЯ		7
<u>А.И.Отрепко</u>	Методика и результаты прогнозных исследований сероносности Восточноевропейской провинции	7
<u>О.Т.Степаненко</u> <u>А.И.Отрепко</u>	Некоторые результаты изучения сероносного комплекса Восточноевропейской провинции	24
<u>О.В.Корчагина</u> <u>А.И.Отрепко</u>	Некоторые вопросы изучения гидрохимической зональности Поволжья и Предуралья в связи с прогнозными исследованиями сероносности	29
<u>П.М.Мурзеев</u>	Перспективы дальнейших исследований изотопного состава сульфатов и карбонатов для прогнозирования месторождений самородной серы	36
<u>Е.Ф.Станкевич</u>	Условия серообразования в гидродинамических зонах подземных вод.	43
<u>Я.К.Писарчик</u>	О гипергенных процессах в кембрийских сульфатно-карбонатных комплексах Восточной Сибири (в связи с оценкой ее сероносности)	47
<u>М.Г.Горбачев</u>	Перспективы сероносности Средней Азии и задачи дальнейших геологических исследований	58
<u>В.С.Попов</u>	Направление научных исследований на серу в Средней Азии.	65
<u>Г.А.Беленицкая</u>	Древние погребенные долины Средней Азии и связь с ними процесса серообразования	67
<u>Г.Т.Саксеев</u>	О структурно-тектонических закономерностях размещения месторождений и проявлений самородной серы в Предкарпатском бассейне и дальнейшее прогнозирование поисков серы	81
<u>Г.М.Вдовиченко</u>	Определение pH и eH покровных образований как метод поисков серных залежей Гаурдакского типа	87
<u>Л.Е.Шаманин</u>	О результатах обследования проявлений самородной серы в Плесецком районе Архангельской области в 1965-1966 гг.	91
ВЫСТУПЛЕНИЯ		9

№ 08263 от 26/X-68г.Зак.К-460.Тираж 542 экз.

Типография "Татполиграф".
г.Казань, ул.Миславского, дом 9.