

УДК 553.2:552.5:532.51(575.4)

**Печенкин И.Г.**ФГУП «ВИМС», Москва, Россия [vims-pechenkin@mail.ru](mailto:vims-pechenkin@mail.ru)**Печенкин В.Г.**ФГУП «Урангео», Москва, Россия [pechenkin@urangeo.ru](mailto:pechenkin@urangeo.ru)

## **РУДОГЕНЕЗ В НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНАХ С ЭКСФИЛЬТРАЦИОННЫМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ**

*В результате последовательных преобразований в пределах осадочного чехла платформ формируются и действуют три взаимосвязанные рудообразующие системы: катагенетическая (стадиальная), эксфильтрационная и инфильтрационная, которые объединяют все гидрогенные месторождения. Каждая из них характеризуется формированием определенных полезных ископаемых: газообразных, жидких, твердых (рудных и нерудных). Металлогенетическая специализация крупных геологических блоков определяется действием рудообразующих систем во времени и пространстве. Рассмотрены особенности распределения микрокомпонентов в элизионных водах среднеплиоценовых отложений Западно-Туркменской впадины. Проведено сопоставление состава проявлений гидроминерального сырья и рудопроявлений впадины ее горного обрамления. Выявлен ряд закономерностей локализации оруденения при его формировании в процессе эксфильтрационного движения пластовых вод.*

**Ключевые слова:** *рудообразующая система, осадочный бассейн, эксфильтрационный режим.*

Потенциал рудоносности артезианских бассейнов, приуроченных к платформенному чехлу, определяется интенсивностью преобразования пород (в зависимости от их положения в коллизионных структурах) и возможностью последующего перехода полезных компонентов в газожидкий флюид с перемещением к участкам газо- и нефтелокализации, а в дальнейшем, уже в растворах, к областям рудообразования. Ведущая роль в этом движении принадлежит эксфильтрационному, инфильтрационному или гетерогенному гидродинамическим режимам, наличие и проявленность которых зависит от положения артезианских бассейнов в крупных геотектонических блоках на разных стадиях их развития.

Эпигенетические процессы подразделяются на две большие группы: стадиальные и наложенные. Стадиальный эпигенез происходит, преимущественно, в пределах одного комплекса (толщи, горизонта) пород без внедрения различных дополнительных флюидов. Все изменения, обусловленные внедрением вещества со стороны, следует относить к наложенным эпигенетическим. Они охватывают наибольшие объемы пород, как по горизонтали, так и по вертикали. Сформированные при этом эпигенетические зональности отражают области выщелачивания, генерации, миграции и концентрации полезных компонентов.

Все эпигенетические изменения и сформированные в связи с ними месторождения полезных ископаемых являются производными единого процесса – развития осадочного

бассейна. Образование различных объектов разделено как во времени, так и в пространстве и подчиняется, в первую очередь, тектоническому фактору [Печенкин, Печенкин, 1996].

Переход полезных компонентов в раствор тесно связан со степенью стадийного преобразования пород. Этот процесс необратим и происходит в определенной последовательности. На полноту стадийных эпигенетических изменений и их скорость влияет ряд факторов, среди которых можно выделить, такие как: глубина погружения пород, возрастающее при этом горное давление, прогретость недр и их стрессовые преобразования в следствии орогенизации.

В результате восходящих тектонических движений закрытые гидродинамические системы, в пределах которых шли процессы, связанные со стадийным эпигенезом, постепенно становятся открытыми. Причем, стадийные изменения могут быть прерваны на любом из этапов и смениться наложенными. Раскрытие гидродинамических систем сопровождается стремлением пластовых вод и углеводородов к очагам разгрузки (компрессионный механизм). В результате происходят необратимые процессы с газовойжидким флюидом с постепенным разрушением сформированной ранее единой многокомпонентной системы. Полная декомпрессия в коллекторах создает возможность для возрастания роли инфильтрации пластовых вод. Любой из этих процессов ведет к началу наложенных эпигенетических преобразований.

Стадийный эпигенез с одной стороны усиливается за счет стрессовых давлений, а с другой – прерывается и сменяется наложенным. Накопление потенциальной рудообразующей энергии при стадийных изменениях резко возрастает при орогенезе, а затем частично реализуется на начальной стадии наложенного эпигенеза при декомпрессии в коллекторах. Это происходит пульсационно и зависит от степени орогенизации территории. Данные процессы влияют на формирование и движение газовойжидкого флюида, который и является основным поставщиком рудных и нерудных полезных компонентов к местам их локализации.

Следовательно, на начальном этапе в результате катагенетических преобразований осадочной толщи генерируется многовариантный состав газовойжидкого флюида, зависящий от степени стадийных изменений пород. При его движении к очагам разгрузки начинается разрушение единой многокомпонентной системы. В результате дегазации флюида происходит смещение равновесия в растворе с его дифференциацией, связанной с резким падением внутрипластовых давлений и температур.

В результате последовательных преобразований в пределах осадочного чехла платформ формируются и действуют три взаимосвязанные рудообразующие системы, которые

объединяют все гидрогенные месторождения. Первая – стадияльная (катагенетическая), является основной нефтегазогенерирующей и подготовительной для второй – эксфильтрационной. Вторая – ведущая при образовании месторождений рудных (Pb, Zn, Mo, As, Mn и др.) и нерудных (барит, целестин, флюорит, сера и др.) полезных ископаемых. Она так же служит дополнительным источником ряда других элементов (TR, Se, Re, V, и др.) и восстановителей, роль которых проявляется с началом работы третьей – инфильтрационной системы. Последняя рудообразующая система главенствует при формировании полиминеральных урановых руд. Совокупность процессов рудообразования, как во времени, так и в пространстве определяет минерагеническую специализацию отдельных крупных геологических блоков [Печенкин, Печенкин, 1998].

Изучение осадочных бассейнов Средней Азии и прилегающей территории, на основе разработанных подходов, показало, что новейший этап геологического развития является определяющим при образовании различных эпигенетических месторождений. Большую роль играет изучение пространственно-временных рамок рудогенеза в нефтегазоносных бассейнах. Последовательность процессов формирования наложенных изменений окислительного и восстановительного ряда и их взаимоотношение – один из ведущих факторов, влияющих на распределение полиминерального оруденения. Это определяется двойкой ролью углеводородных флюидов и продуктов их разрушения при этом процессе. С одной стороны битуминизация проницаемых пластов, а также связанные с этим пиритизация, доломитизация и др. изменения, создают благоприятную геохимическую обстановку восстановительного характера и привноса ряда элементов для образования ряда месторождений рудного и нерудного сырья. С другой – внедрение битумов и их разрушение в зоне аэрации, приводит к захоронению сформированного ранее оруденения и исчезновению следов его образования (эпигенетической зональности).

На протяжении новейшего этапа геологического развития в регионе породы осадочных бассейнов, вмещающие газожидкие флюиды, претерпевали различные изменения. Они обусловлены положением структур в различных тектонических областях (ороген, «субороген»), наличием хорошей связи областей питания с перспективными горизонтами и присутствием ярко выраженных очагов разгрузки для инфильтрационных гидрогенных условий. Эксфильтрация связана с особенностями строения осадочной толщи, которая должна пройти главные фазы нефте- или газообразования для приобретения газожидким флюидом восстановительного потенциала. Разгрузка таких растворов будет осуществляться при раскрытии гидрогеологических систем. Этот процесс обусловит формирование

эксфильтрационной восстановительной зональности. Взаимоотношение двух взаимоисключающих процессов и определяет перспективы рудоносности изученной территории.

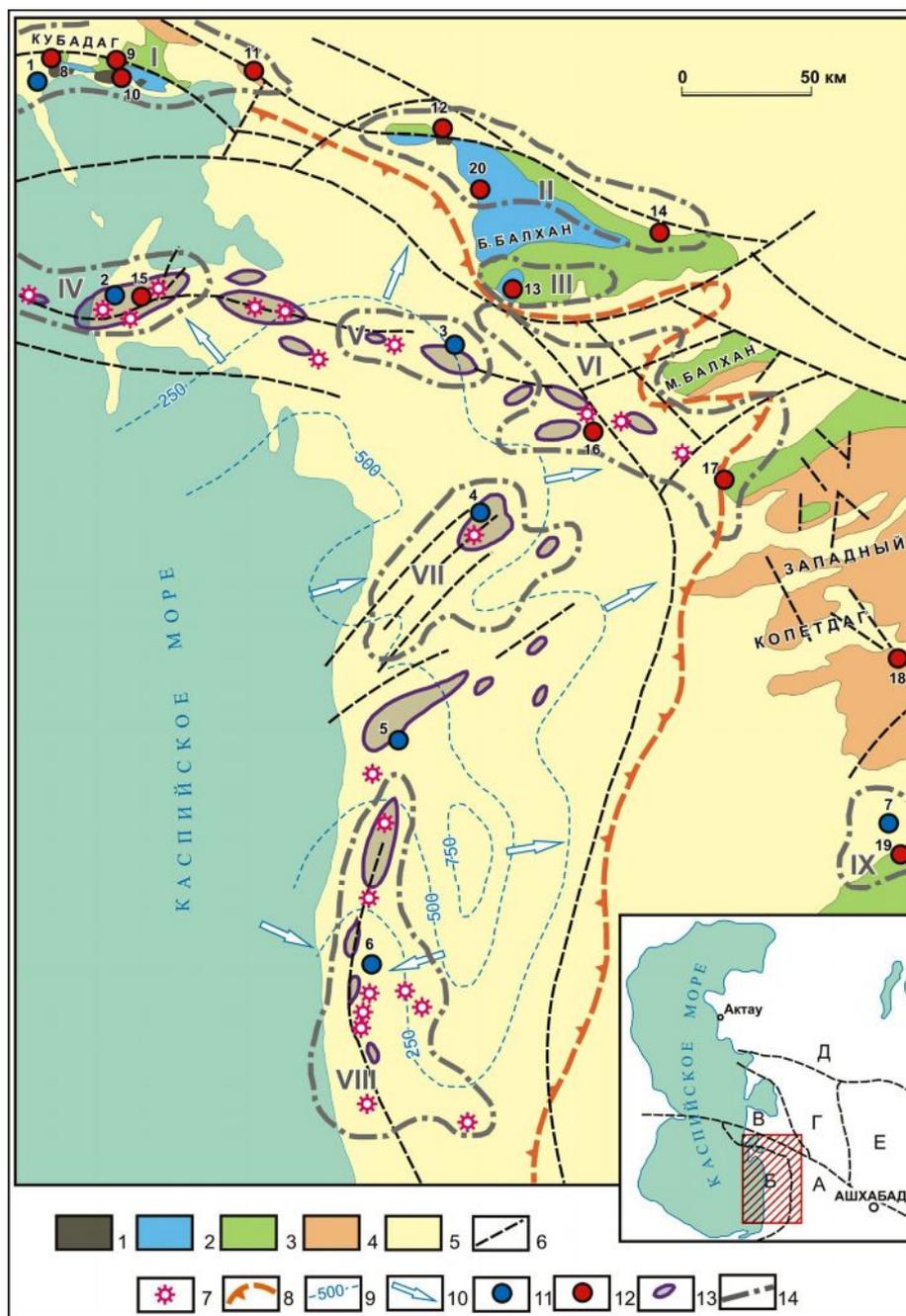
На основе целенаправленных исследований установлены гидродинамические и гидрохимические особенности артезианских бассейнов Средней Азии. Выявлена определяющая роль в изменении динамики и химизма подземных вод геотектонического фактора. Намечены общие закономерности рудной специализации бассейнов с различными типами гидродинамических режимов и показана роль очагов разгрузки пластовых вод при формировании эпигенетического оруденения в осадочном чехле [Металлогения артезианских, 1992; Печенкин, 2003 и др.].

Наиболее изученными оказались районы с артезианскими бассейнами, на приподнятых бортах которых преобладает инфильтрационный режим кислородсодержащих пластовых вод, сформировавших ряд полиминеральных месторождений, локализующихся на выклинивании зон пластового окисления. На многих месторождениях этого типа в Центральных Кызылкумах установлено стадийное проявление восстановительного эпигенеза, неоднократно прерывавшее рудообразующий процесс [Печенкин, Печенкин, 2008]. Артезианские бассейны с эксфильтрационным гидродинамическим режимом и, в частности, их рудная специализация оказались менее изучены [Лебедев, 1992; Парагенезис металлов, 1990; Холодов, 1990 и др.].

Следует отметить, что на территории Средней Азии установлен только один артезианский бассейн, в пределах которого на протяжении всего времени его существования отмечалась только эксфильтрация пластовых вод – Западно-Туркменский бассейн. В связи с этим он и послужил эталоном при изучении процессов эпигенетического рудоформирования в связи с данным гидродинамическим режимом.

Западно-Туркменская впадина входит в область альпийской складчатости и ограничена с севера и востока горными сооружениями Кубадага, Большого и Малого Балхана, Западного Копетдага (рис. 1).

Характерной особенностью строения впадины является наличие крупных разрывных нарушений, разделивших ее на ряд блоков. В центральной части впадины разрез мезозойских и кайнозойских отложений по данным геофизических работ достигает мощности 10-25 км, причем 7-8 км приходится на неоген-четвертичные образования. Основная часть последних представлена алевролитами и глинами преимущественно морского генезиса, возраст которых датируется моложе среднего плиоцена.



**Рис. 1. Размещение оруденения осадочного чехла Западно-Туркменской впадины**

1-5 – отложения: 1 – палеозоя, 2 – юры, 3 – мела, 4 – палеогена, 5 – неогена-антропогена; 6 – тектонические нарушения; 7 – грязевые вулканы; 8 – граница области отсутствия отложений среднеплиоценового возраста; 9 – гидроизопьезы пластовых вод красноцветной свиты среднего плиоцена; 10 – направления движения вод красноцветной свиты среднего плиоцена; 11 – месторождения гидроминерального сырья (1 Авазчи, 2 Челекен, 3 Небитдаг, 4 Гограндаг-Карадошли, 5 Камышлджа-Корпедже, 6 Окарем-Кеймир, 7 Шерлоух); 12 – рудопроявления твердых полезных ископаемых (8 Красноводск, 9 Кайлю, 10 Уфа, 11 Каратенгир, 12 Карайман, 13 Лямабурун, 14 Балкуи, 15 Челекен, 16 Боядаг, 17 Кюрендаг, 18 Калаус, 19 Артык-Мамед, 20 Карачагыл); 13 – нефтяные и газовые структуры; 14 – основные очаги разгрузки пластовых вод (I Кубадагский, II Северо-Большеболханский, III Лямабурунский, IV Челекенский, V Небитдагский, VI Боядагский, VII Гограндагский, VIII Окаремский, IX Шерлоухский). На врезке – тектонические зоны: А – Балханская и Копетдагская складчатые зоны, Б – Южно-Каспийская впадина, В – Туркменская антеклиза, Г – Туаркыр-Карашохская зона поднятий, Д – Мангышлак-Устюртская зона дислокаций, Е – Центрально-Каракумское поднятие. Заштрихованный прямоугольник – район исследований.

Горное обрамление в пределах Западного Копетдага сложено мощной толщей песчанистых, глинистых и карбонатных пород мелового возраста, глинами и мергелями палеогена, а также терригенными образованиями неогена как морского, так и континентального происхождения.

Непосредственным продолжением Копетдагской складчатой зоны на северо-западе является Балханская, представляющая собой изометрическую складку, вытянутую в субширотном направлении и сложенную преимущественно породами юрского и неокомского возраста. Северное крыло складки сложено осадками позднемелового и палеогенового возраста. В понижениях они перекрыты образованиями неогенового возраста как морского, так и континентального происхождения. В пределах отдельных антиклиналей установлены небольшие выходы пород палеозойского фундамента (Кубадаг, Карайман).

Среднеплиоценовая толща является основным нефтегазоносным комплексом пород. Разведанные месторождения располагаются двумя широкими полосами, включающими практически все промышленные залежи (см. рис. 1). В связи с этим наиболее полно в районе изучены гидрогеологические особенности пластовых вод в отложениях красноцветной свиты среднеплиоценового возраста. Мощность водоносного комплекса изменяется от 400 до 3000 м и более по направлению к наиболее опущенным частям впадины. Химический состав вод пестрый, но с преобладанием хлор-иона. Минерализация изменяется в широких пределах – от 15 до 290 г/л [Калугина, 1987; Холодов, 1990]. Значительная часть высокоминерализованных вод тяготеет к наиболее погруженной части территории (240-250 г/л). В восточном и юго-восточном направлении минерализация их постепенно снижается. Наиболее распространены рассолы с минерализацией 90-110 г/л в обрамлении антиклинальных структур, в сводовых частях которых, осложненных тектоническими нарушениями, выявлены локальные участки менее минерализованных вод (25-45 г/л).

Обнаружение в водах плиоценовых отложений высоких концентраций йода и брома стимулировало изучение распределения этих элементов на ряде антиклинальных структур. Было открыто два месторождения – Челекен и Боядаг.

Присутствие на полуострове Челекен разгрузки пластовых вод определило интерес к исследованию микрокомпонентного состава пластовых вод в пределах Западно-Туркменской впадины [Дворов, 1975; Лебедев, Никитина, 1983; Холодов, 1991 и др.]. Было установлено наличие в пластовых водах среднеплиоценовых отложений кроме йода и брома высоких концентраций меди, цинка, свинца, марганца, бария, стронция, редких щелочей и других элементов.

Обобщение фондовых материалов и изучение новых водных и литологических проб позволило авторам рассмотреть распределение как уже выявленных ранее микрокомпонентов по площади, так и установить наличие в воде и породе редкоземельных элементов – талия, гафния, мышьяка, молибдена и др.

Проявления гидроминерального сырья обычно локализуются в местах развития мощного чехла неогеновых и четвертичных отложений, тяготея к локальным антиклинальным поднятиям или областям выклинивания водовмещающих толщ (см. рис. 1). Это подтверждается распределением редких щелочей и цветных металлов в водах красноцветной свиты неогенового возраста. Наибольшие их концентрации приурочены к областям выбросов действующих грязевых вулканов и куполам полураскрытых нефтегазоносных антиклинальных складок, либо концентрируются в зоне примыкания отложений водовмещающих толщ к горному обрамлению (рис. 2).

Рудопроявления твердых полезных ископаемых локализуются, как правило, в зонах дробления или оперяющих трещинах крупных тектонических нарушений. Юрские и меловые отложения в пределах этих участков характеризуются интенсивной карбонатизацией, доломитизацией, обелением вмещающих пород, нередко наложенной пиритизацией и более поздними гипергенными процессами (лимонитизация, огипсование). Комплекс рудных элементов обычно включает медь, цинк, свинец, мышьяк, молибден и др. Над разрушающимися нефтегазоносными залежами в породах неоген-четвертичного возраста выявлены многочисленные проявления самородной серы.

Предыдущими работами было установлено, что рудопроявления гидроминерального сырья и твердых полезных ископаемых приурочены к очагам разгрузки пластовых вод различных водоносных горизонтов. Среди этих очагов выделяются скрытые и открытые, древние и долгоживущие, локальные и площадные [Печенкин, Печенкин, 1996; Печенкин, Печенкин, 1998].

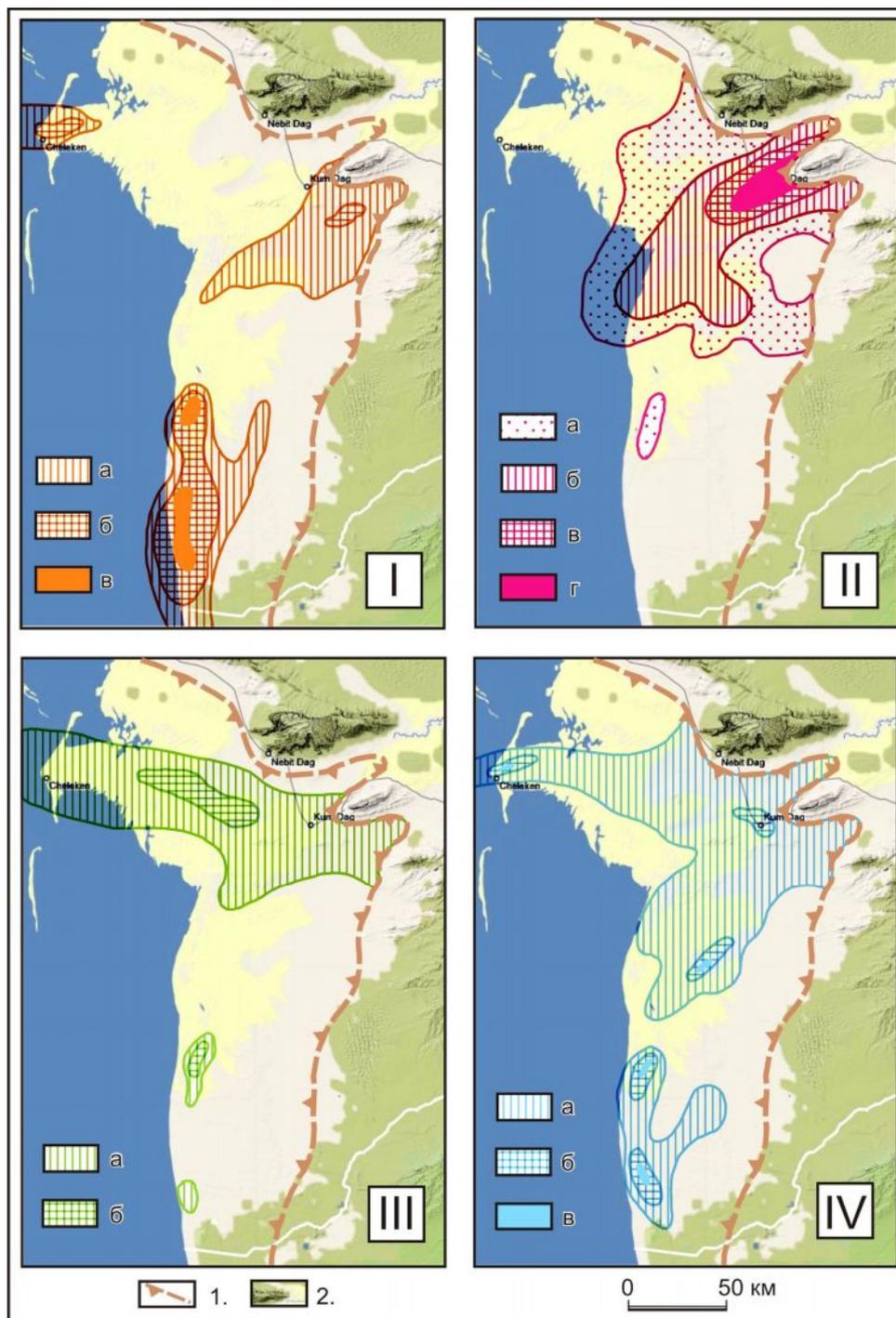
В пределах отдельных очагов были проведены работы по выявлению редких и редкоземельных и других элементов, как в воде, так и в породе. Сравнительная характеристика дана по трем участкам:

а) действующему Окаремскому очагу, в пределах которого в настоящее время наблюдаются выбросы грязевых вулканов;

б) долгоживущему Боядагскому с проявлениями твердых полезных ископаемых, древним и современным грязевым вулканизмом;

в) Лямабурунскому, где разведано молибденовое рудопроявление и локализуется ряд

точек с аномальными концентрациями других элементов (см. рис. 1).

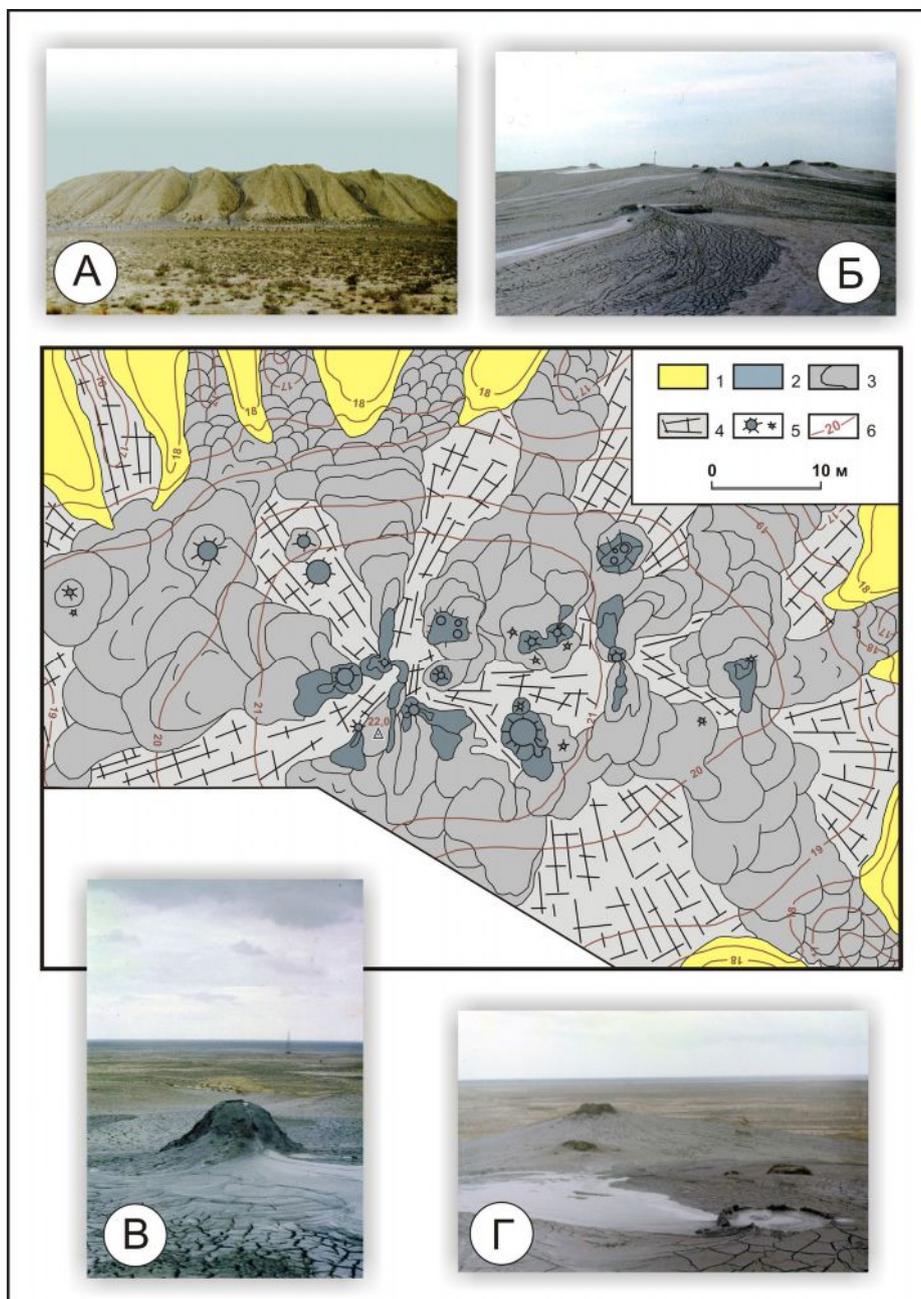


**Рис. 2. Изоконцентрации отдельных элементов (мг/л) в пластовых водах красноцветной свиты неогенового возраста в пределах Западно-Туркменской впадины**

*1 - граница области распространения красноцветной свиты неогена; 2 - горное обрамление впадины. Изоконцентрации: I – лития: а – более 10,0; б – от 5,0 до 10,0; в – от 3,5 до 5,0; II – рубидия: а – более 1,0; б – от 0,75 до 1,0; в – от 0,5 до 0,75; г – от 0,25 до 0,5; III – цезия: а – более 0,1; б – от 0,05 до 0,1; IV – сумма цветных металлов (свинец, цинк, медь): а – более 1,0; б – от 0,1 до 1,0; в – от 0,01 до 0,1.*

Окаремский очаг разгрузки представляет собой ряд действующих грязевых вулканов, деятельность некоторых из них возобновляется только после землетрясений. Выбросы сальзы

обычно сопровождаются нефтяными пленками. Цвет породы после затвердевания светло-серый. Предполагается, что на поверхность изливаются образования из водоносных горизонтов мелового и, возможно, юрского возраста (рис. 3).



**Рис. 3. Схематическая геологическая карта центральной части грязевого вулкана Ак-Патлаук**

*1 – плиоцен. Песчаники, паттумы светло-желтые, светло-коричневые. Выбросы вулканические, светло-серые: 2 – с большим количеством воды, пленками нефти, быстротекущие: 3 – тягучие, слаботекущие, 4 – застывающие такырообразные, 5 – отдельные грифоны, 6 – изогипсы.*

*A – общий вид вулкана, Б – центральная часть вулкана, В – отдельный грифон, Г – группа грифонов*

Кроме обычного для таких выбросов набора элементов (йод, бром, литий, цезий, свинец, цинк, стронций и др.), по данным инструментального нейтронно-активационного анализа

(ИНАА), выявлено наличие относительно высоких концентраций мышьяка (до 15 г/т), хрома (до 40 г/т), здесь же широко представлены редкие земли, гафний, вольфрам, сурьма. Среди редкоземельных элементов следует отметить наличие лантана (до 20 г/т), церия (до 35 г/т), европия (до 1 г/т). Из благородных металлов присутствуют золото (0,003-0,009 г/т), серебро (0,3-0,55 г/т) и следы платины.

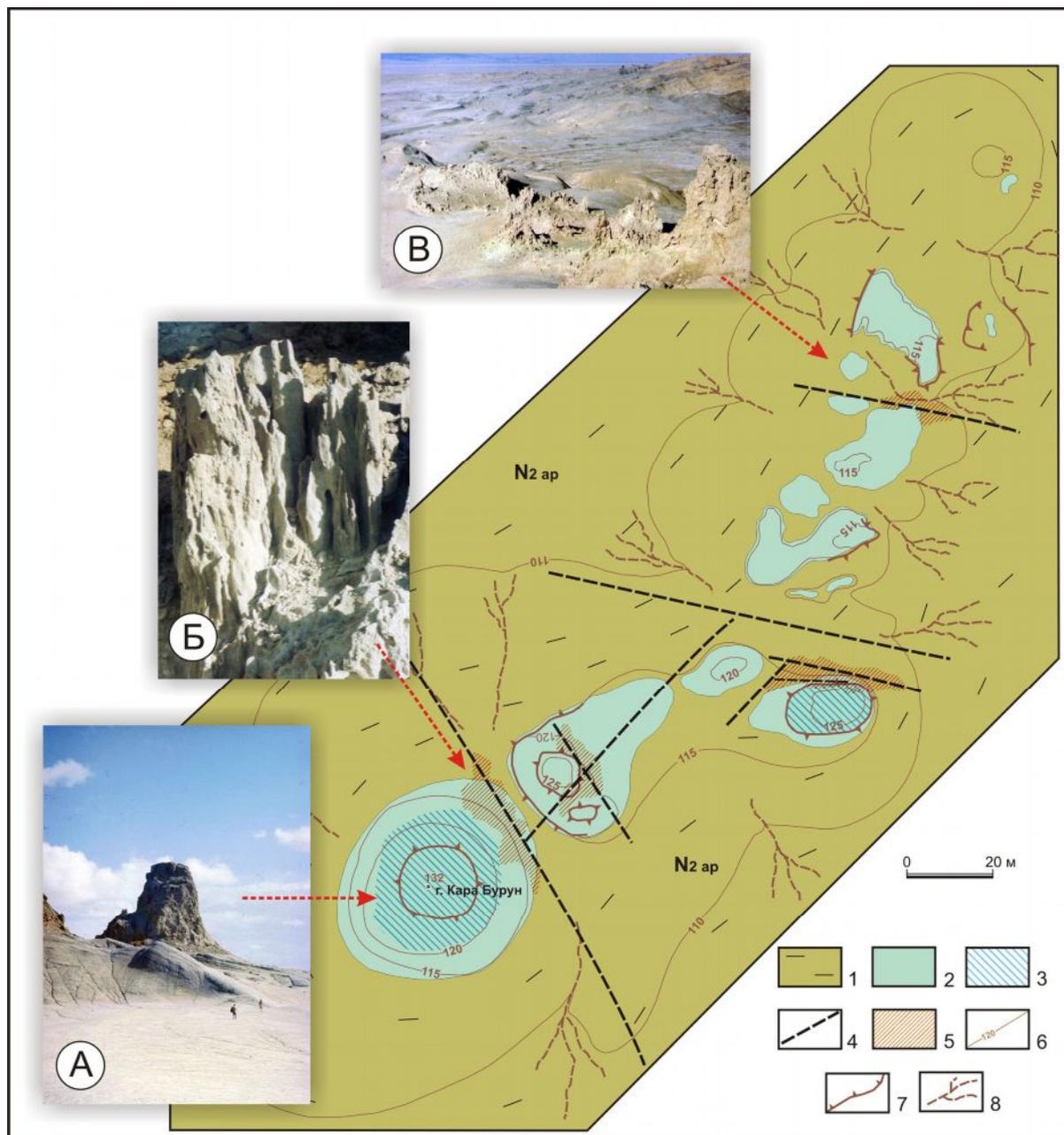
Боядагский наиболее крупный долгоживущий очаг разгрузки характеризуется проявлением твердых полезных ископаемых и современными изменениями пластовых вод. В пределах восточного окончания очага разгрузки в породах мелового возраста установлено наличие зон трещиноватости, сопровождающихся вторичной кальцитизацией, осветлением, лимонитизацией с высокими концентрациями таких элементов, как молибден и мышьяк. Редкоземельные элементы содержатся в концентрациях не более 0,1-5,2 г/т, наибольших достигает церий – 4,8-5,2 г/т.

В центральной части очага разгрузки (собственно Боядагская антиклиналь) выделяется жерло древнего грязевого вулкана, выполненное вулканической брекчией, сохранившегося в виде останца высотой более 20 м, и ряд апофиз, заполненных или той же брекчией, или светло-серым песчаником на карбонатном цементе. Они прорывают горизонтально залегающие серо-зеленые алевролиты неогенового возраста. В местах наличия разрывных нарушений интенсивное развитие получило ожелезнение (рис. 4).

Вокруг поднятия находятся родники с минерализацией воды до 250 г/л, а также действующие грязевые вулканы с выбросами светло-коричневого цвета с интенсивной дегазацией (вероятно, из водоносных горизонтов раннеогенового возраста). Рассолы установлены и при бурении разведочных скважин на йод и бром. Причем, если современные грязевулканические выбросы имеют температуру до 25 °С, вода родников до 42 °С, то из скважин она достигает 70 °С. Характерны выходы вязких нефтей и как следствие образование киров (рис. 5).

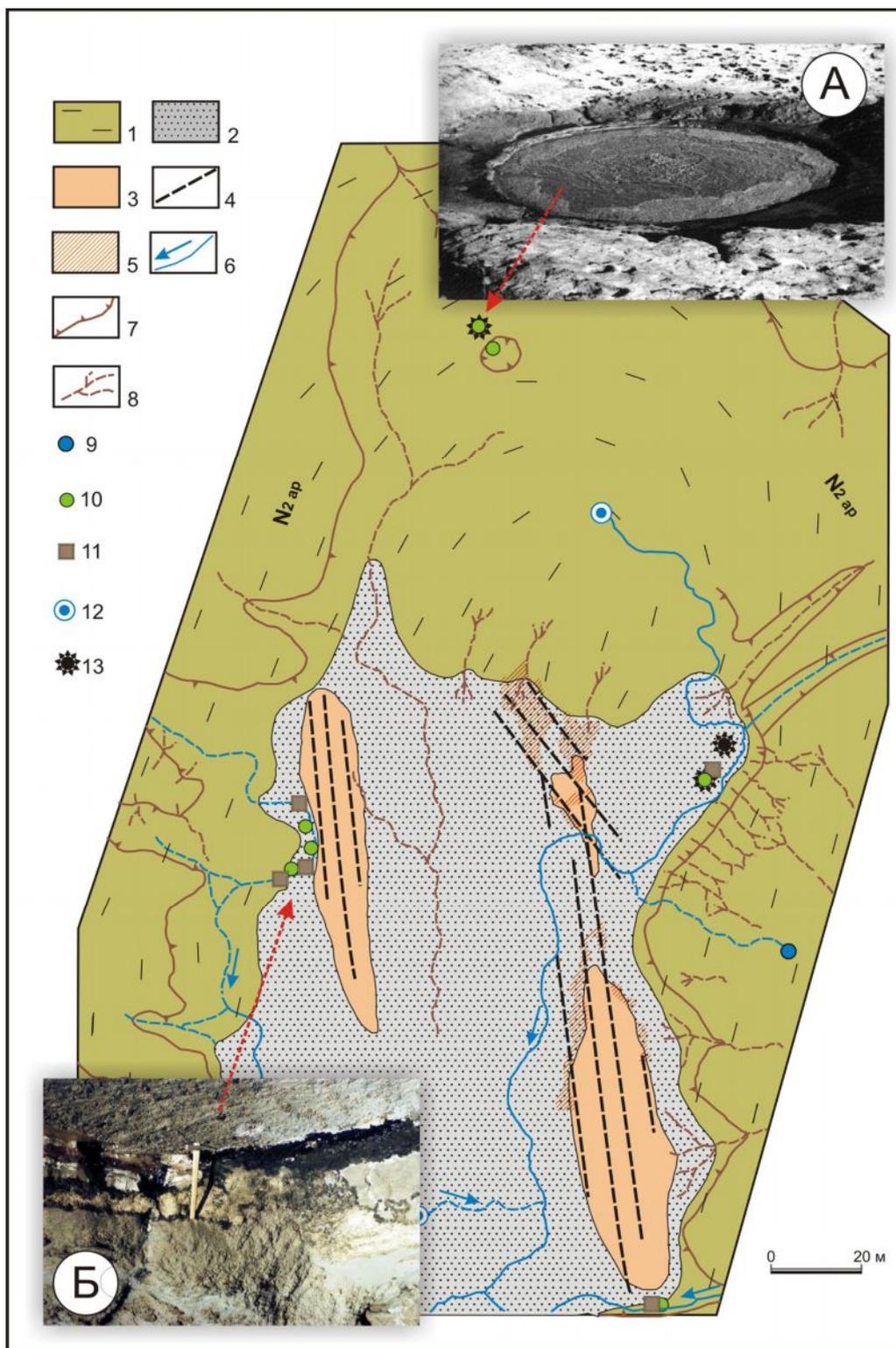
Наряду с «обычными» компонентами (редкие щелочи, цветные металлы, стронций, барий и др.) в выбросах грязевых вулканов выявлены высокие концентрации ряда редкоземельных элементов – лития до 25 г/т, церия до 56 г/т, самария до 5 г/т, европия до 1,2 г/т и др., а также гафния до 5,2 г/т, таллия до 12 г/т, мышьяка до 26 г/т, хрома до 70 г/т. Высокие концентрации редких и редкоземельных элементов характерны для древних выбросов вулканов. Здесь они достигают более значительных концентраций – лантана до 80 г/т, церия до 130 г/т, самария до 11 г/т, европия до 1,6 г/т, тербия до 1,3 г/т, гафния до 26 г/т, таллия до 31 г/т, хрома до 140 г/т. Общее содержание редкоземельных элементов достигает

240-280 г/т. Золото также локализуется в этих выбросах в небольших количествах (до 0,03-0,05 при фоне 0,001-0,01 г/т).



**Рис. 4. Схематическая геологическая карта участка Кара-Бурун Боядагской структуры**  
 1 – глинистые алевролиты зеленовато-светло-коричневые, 2 – грязевулканические брекчии, 3 – карбонатные трубчатые образования, 4 – тектонические нарушения, 5 – ожелезнение желтое, буро-желтое, 6 – изогипсы, 7 – обрывы более 10 м, 8 – суходолы и мелкие саи.  
 А – вид на г. Кара-Бурун, Б – карбонатные трубчатые образования, В – «шайтаны сады»

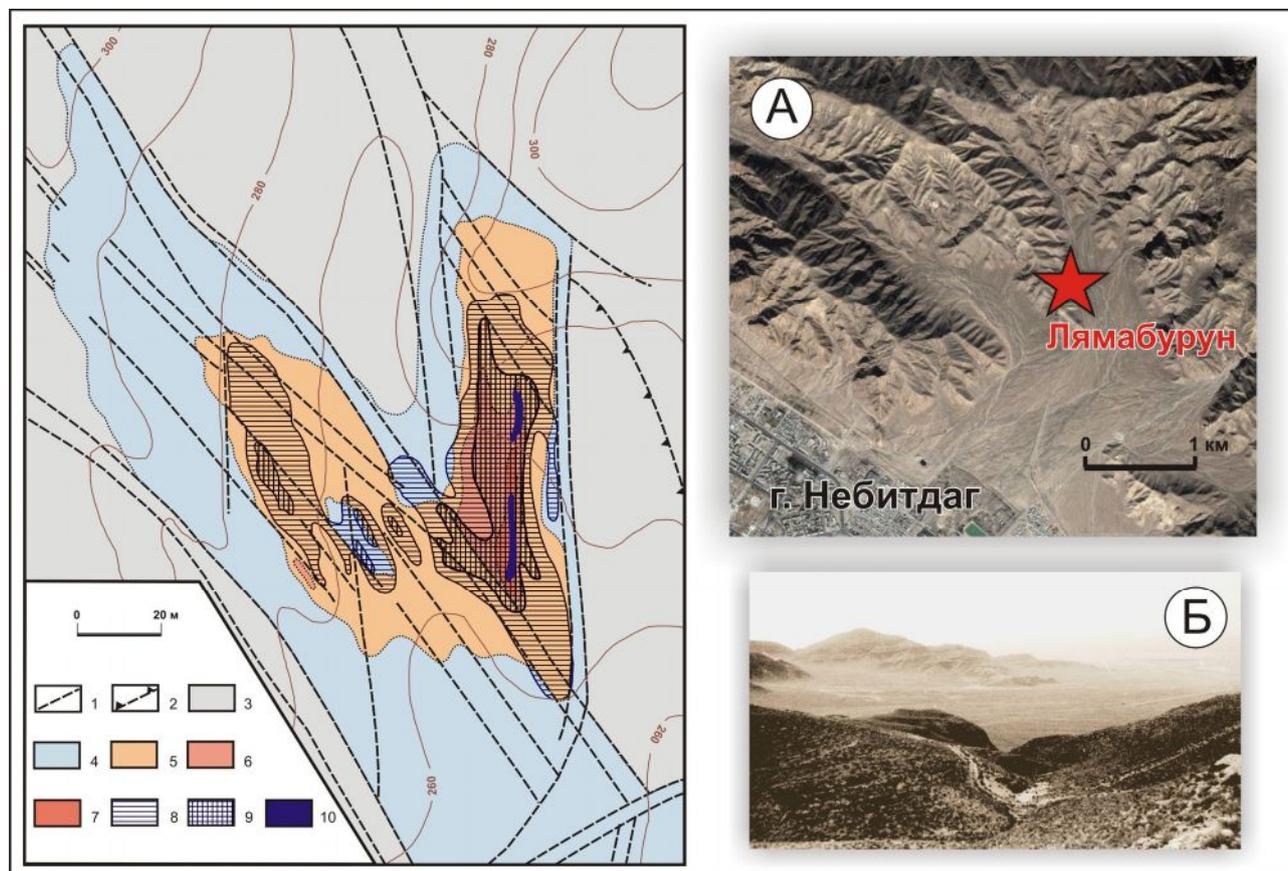
Лямабурунский очаг разгрузки характеризуется молибденовым оруденением с содержаниями до 10 кг/т в отложениях мелового и юрского возраста. Оно сопровождается высокими концентрациями мышьяка (до 1,2 кг/т). Руды локализируются в зоне интенсивной доломитизации светло-серых известняков, тяготеющей к разрывным нарушениям.



**Рис. 5. Схематическая геологическая карта участка Нефтяной Боядагской структуры**  
 1 – глинистые алевролиты коричневато-светло-зеленые, 2 – пески светло-серые с коричневым оттенком, 3 – кировские покровы в песках (бурые, черные битумы), 4 – зоны трещиноватости (тектонической), 5 – зоны желтоцветного и буроцветного ожелезнения, 6 – водотоки и их направления, 7 – уступы в рельефе более 3 м, 8 – суходолы и мелкие саи, 9 – родники, 10 – места выделения газов, 11 – проявления жидких битумов (и нефтей), 12 – самоизливающиеся скважины, 13 – действующие грязевые вулканы.

А – действующий грязевой вулкан, Б – выход нефтей

Бурение скважин показало наличие доломитизации на глубину более 300 м. Из других изменений выявлена пиритизация, реликты которой в приповерхностной зоне устанавливаются по псевдоморфозам лимонита по пириту. Редкие и редкоземельные элементы установлены в более низких концентрациях (лантан до 3 г/т, церий до 8,7 г/т, самарий до 2,8 г/т, европий до 6,3 г/т, гафний до 0,8 г/т) (рис. 6).



**Рис. 6. Схема эпигенетических изменений на участке «Южный» рудопроявления Лямабурун**

*1 – тектонические нарушения, 2 – надвиги. Геохимические типы пород: 3 – неизменные породы, 4 – доломитизация с обелением, 5 – гематитизация (изменено более 50 % породы), 6 – гематитизация (изменено менее 50 % породы), 7 – гетитизация и лимонитизация. Молибденовое оруденение с содержанием молибдена: 8 – 0,01-0,1 %, 9 – 0,1-1,0 %, 10 – более 1,0 %.*

*А – схема расположения рудопроявления Лямабурун, Б – общий вид рудного поля (передний план)*

Сравнение содержаний ряда элементов в пределах очагов разгрузки различных типов показало, что наибольшие из них приурочены к Боядагскому. Он является наиболее долгоживущим и сложнопостроенным. В его пределах устанавливаются и древняя и современная разгрузка, по-видимому, меловых, палеогеновых и неогеновых пластовых вод. Здесь же, по геофизическим данным, происходит выклинивание ряда горизонтов и возможен перелив напорных пластовых вод из нижней части низов разреза в широкой полосе вдоль горного обрамления.

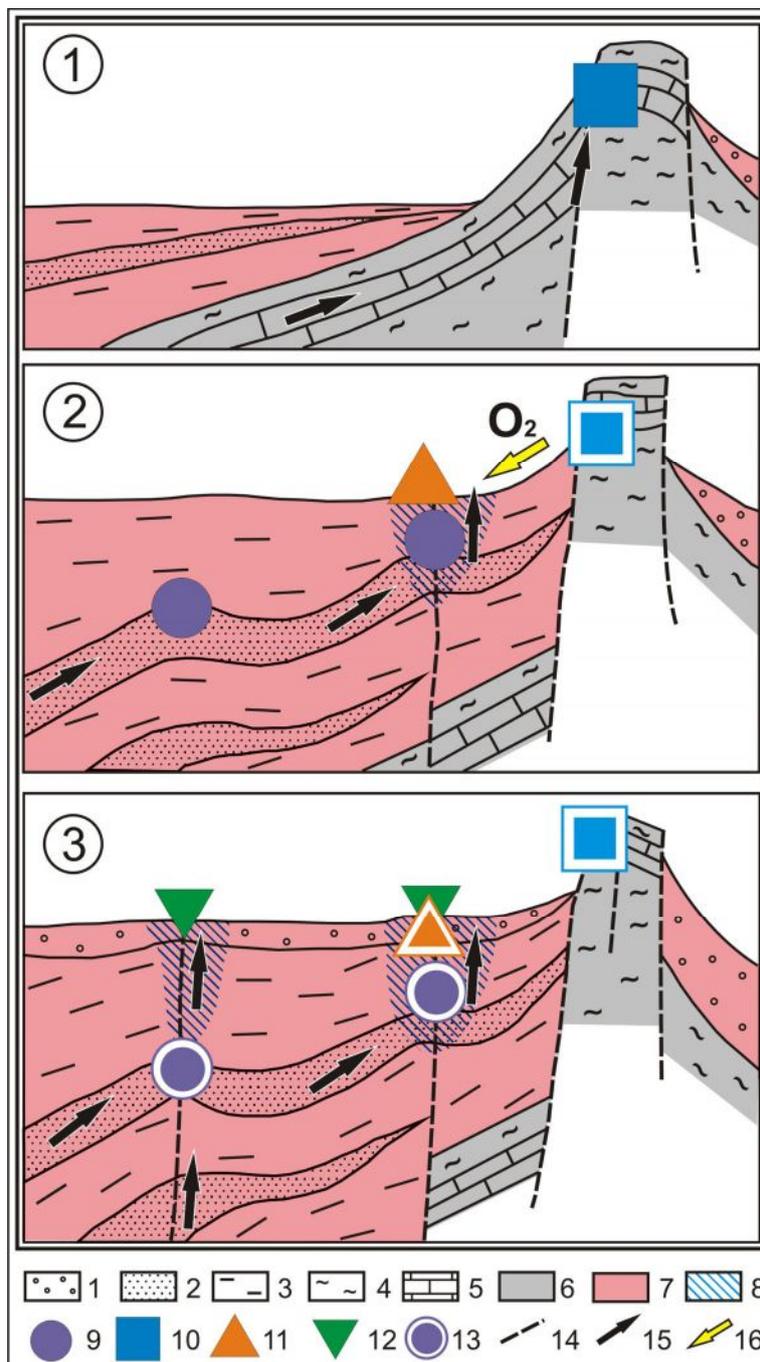
Другие очаги разгрузки характеризуются однотипностью процессов, происходящих в их пределах. Так, Окаремский – это только выбросы грязевых вулканов, а Лямабурунский – разгрузка пластовых вод на первых этапах развития впадины. Существенное отличие в составе разгружающихся ныне вод и более древних подтверждается различным составом микрокомпонентов в пределах Лямабурунского и Шерлоухского очагов разгрузки, хотя оба локализируются в породах мезозойского возраста. Причем последний из них более схож с очагами в центральной части (наличие йода, брома, стронция, бария, цветных металлов).

Сводная модель рудогенеза, созданная для территории Западно-Туркменской впадины и ее северного борта (Кубадаг и Балхан) приведена на рис. 7.

На начальном этапе развития в результате катагенеза в коллекторах мезозойского возраста сформировался металлоносный газожидкий флюид. Он представлял собой кислые горячие рассолы, образованные в углеводородно-рассольной зоне и содержал ионы металлов и неметаллов. Флюид мигрировал к приподнятому горному обрамлению и разгружался в скрытых очагах разгрузки, обычно осложненных разрывными нарушениями (рудопроявления типа Лямабурун), локализующихся в углекисло-сероводородной зоне. В дальнейшем происходило последовательное погружение центральных частей впадины и накопление мощных толщ пород неогенового возраста. При опускании на большие глубины породы прошли главную фазу газо- и нефтеобразования и в пределах их коллекторов образовывались месторождения углеводородов в ловушках различного типа (Гогран, Окарем и др.). При приближении к бортам впадины многие участки осложняются разрывными нарушениями и начинают разрушаться. Это приводит к частичному перетоку углеводородов в зону аэрации, что способствует образованию залежей серы при окислении сероводорода на кислородном барьере. Дальнейшее погружение центральных частей впадины и вздымание краевых – способствует разрушению рудопоявлений сульфидов различных металлов. Аномально высокие пластовые давления, возникающие в нижних частях разреза осадочного чехла, создают условия для деятельности грязевых вулканов. Выбросы грязевых вулканов сопровождаются разрушением залежей углеводородов и выходом на дневную поверхность промышленных рассолов с высокими концентрациями редких, рассеянных, цветных и благородных металлов, а также йода, брома, бора и др. из углеводородно-рассольной зоны [Печенкин, Печенкин, 1998].

Следовательно, при погружении отложений впадины сначала функционирует стадияльная рудообразующая система, а затем длительное время превалирует эксфильтрационная. Она формирует месторождения полезных ископаемых, связанных с

постепенным изменением газожидкого флюида при погружении вмещающих его коллекторов.



**Рис. 7. Динамическая модель гидрогенного рудообразования в Западно-Туркменской впадине**

Литологические типы пород: 1 – гравелиты, 2 – пески, 3 – алевролиты, 4 – глины, 5 – известняки. Геохимические типы пород: 6 – черноцветные, сероцветные, зеленоцветные, белоцветные, 7 – красноцветные и пестроцветные, 11 – эпигенетически восстановленные. Месторождения и рудопроявления: 9 – углеводородов, 10 – сульфидов Pb, Zn, Cu, Mo, Ag, As, Fe, Ba и др., 11 – серы, 12 – гидроминерального сырья (I, Br, Li, Rb, Cs, Sr и др.), 13 – образованные на предыдущих этапах развития района. 14 – тектонические нарушения. Основные направления движения газожидкого флюида: 15 – эксфильтрационного, 16 – инфильтрационного.

Цифры в кружках обозначают последовательность рудообразующих процессов

Молодой Западно-Туркменский артезианский бассейн является эталонным для изучения длительно формирующихся очагов разгрузки пластовых вод, развивающихся при эксфильтрации вод. Ряд очагов характеризуется высокими концентрациями редких и редкоземельных элементов и заслуживает дальнейшего исследования. Это позволит целенаправленно рассматривать взаимоотношение эксфильтрационных и инфильтрационных вод в краевых частях нефтегазоносных бассейнов и как следствие уточнять возможности рудообразования различного генезиса в их пределах.

### Литература

*Дворов В.И.* Термальные воды Челекена и геохимические особенности их формирования. – М.: Наука, 1975. - 178 с.

*Калугина О.Я.* Особенности распространения некоторых микрокомпонентов в подземных водах Западно-Туркменской впадины // Практические вопросы изучения и освоения геологических ресурсов и охраны недр Туркменистана. – Ашхабад: Ылым, 1987. - С. 162-180.

*Лебедев Б.А.* Геохимия эпигенетических процессов в осадочных бассейнах. – Л.: Недра, 1992. - 239 с.

*Лебедев Л.М., Никитина И.Б.* Челекенская рудообразующая система. М.: Наука, 1983. - 386 с.

Металлогения артезианских бассейнов Средней Азии / Р.И. Гольдштейн, К.Г. Бровин, Х.К. Каримов и др. – Ташкент: Фан, 1992. - 272 с.

Парагенезис металлов и нефти в осадочных толщах нефтегазоносных бассейнов / Д.И. Горжевский, А.А. Карцев, Д.И. Павлов и др. – М.: Недра, 1990. - 268 с.

*Печенкин И.Г., Печенкин В.Г.* Металлогения осадочного чехла Туранской плиты // Литология и полезные ископаемые, 1996. - №4. - С. 366-375.

*Печенкин И.Г., Печенкин В.Г.* Динамические модели рудообразования в осадочном чехле Туранской плиты // Литология и полезные ископаемые, 1998. - №4. - С. 383-396.

*Печенкин И.Г.* Металлогения Туранской плиты. – М.: ВИМС, 2003. - 141 с.

*Печенкин И.Г., Печенкин В.Г.* Эволюция осадочного рудообразования в флювиальных палеосистемах. – М.: ВИМС, 2008. - 78 с.

*Холодов В.Н.* К проблеме генезиса полезных ископаемых элизионных впадин. Сообщение 1. Южно-Каспийский элизионный бассейн // Литология и полезные ископаемые, 1990. - № 6. - С. 3-25.

*Холодов В.Н.* К проблеме генезиса полезных ископаемых элизионных впадин. Сообщение 2. Челекен-Боядагская гидротермальная система // Литология и полезные ископаемые, 1991. - № 2. - С. 104-123.

**Рецензент:** Неручев Сергей Германович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАЕН

**Pechenkin I.G.**SFUE «VIMS», Moscow, Russia [vims-pechenkin@mail.ru](mailto:vims-pechenkin@mail.ru)**Pechenkin V.G.**SFUGE «Urango», Moscow, Russia [pechenkin@urango.ru](mailto:pechenkin@urango.ru)**ORE FORMING IN OIL-GAS BASINS WITH ELISION HYDRODYNAMIC CONDITIONS**

*Three interconnected ore-forming systems (stages-type, exfiltration and infiltration) being the most important in hydrogenous ore-formation are distinguished. Each of them is characterized by forming the definite useful minerals: gaseous, liquid and solid (ore and non-metalliferous). The metallogenic specialization of large geological blocks is determined by the action of ore forming systems both in time and in space. The distribution peculiarities of microcomponents in exfiltration water of West Turkmen depression Middle Pliocene deposits are considered. A correlation was made between the composition of manifestations of hydromineral raw materials and ore manifestations of the depression and its frame. A set of regularities of mineralization localization in its forming in the process of exfiltration movement of formation waters is revealed.*

**Key words:** ore-forming system, sedimentary basin, exfiltration conditions.

**References**

- Dvorov V.I. Termal'nye vody Čelekena i geohimičeskie osobennosti ih formirovaniâ. – M.: Nauka, 1975. - 178 s.
- Kalugina O.Â. Osobennosti rasprostraneniâ nekotoryh mikrokomponentov v podzemnyh vodah Zapadno-Turkmenskoy vpadiny // Praktičeskie voprosy izučeniâ i osvoeniâ geologičeskih resursov i ohrany nedr Turkmenistana. – Ašhabad: Ylym, 1987. - S. 162-180.
- Lebedev B.A. Geohimiâ èpigeneitičeskih processov v osadočnyh bassejnah. – L.: Nedra, 1992. - 239 s.
- Lebedev L.M., Nikitina I.B. Čelekenskaâ rudoobrazuûšaâ sistema. M.: Nauka, 1983. - 386 s.
- Metallogeniâ artezijskikh bassejnov Srednej Azii / R.I. Gol'dštejn, K.G. Brovin, H.K. Karimov i dr. – Taškent: Fan, 1992. - 272 s.
- Paragenesis metallov i nefti v osadočnyh tolšah neftegazonosnyh bassejnov / D.I. Gorževskij, A.A. Karcev, D.I. Pavlov i dr. – M.: Nedra, 1990. - 268 s.
- Pečenkin I.G., Pečenkin V.G. Metallogeniâ osadočnogo čehla Turanskoj plity // Litologiâ i poleznye iskopaemye, 1996. - #4. - S. 366-375.
- Pečenkin I.G., Pečenkin V.G. Dinamičeskie modeli rudoobrazovaniâ v osadočnom čehle Turanskoj plity // Litologiâ i poleznye iskopaemye, 1998. - #4. - S. 383-396.
- Pečenkin I.G. Metallogeniâ Turanskoj plity. – M.: VIMS, 2003. - 141 s.
- Pečenkin I.G., Pečenkin V.G. Èvolûciâ osadočnogo rudoobrazovaniâ v flûvial'nyh paleosistemah. – M.: VIMS, 2008. - 78 s.
- Holodov V.N. K probleme genezisa poleznyh iskopaemyh èlizionnyh vpadin. Soobšenie 1. Ūžno-Kaspijskij èlizionnyj bassejn // Litologiâ i poleznye iskopaemye, 1990. - # 6. - S. 3-25.
- Holodov V.N. K probleme genezisa poleznyh iskopaemyh èlizionnyh vpadin. Soobšenie 2. Čeleken-Boâdagskaâ gidrotermal'naâ sistema // Litologiâ i poleznye iskopaemye, 1991. - # 2. - S. 104-123.