

В.Н. Холодов, Е.В. Голубовская, Р.И. Недумов

Геологический институт РАН, Москва

КИММЕРИЙСКАЯ ЖЕЛЕЗОРУДНАЯ ПРОВИНЦИЯ ПРИЧЕРНОМОРЬЯ, УСЛОВИЯ ЕЕ ФОРМИРОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В статье рассмотрены особенности геологического строения, палеогеография и механизм формирования керченских киммерийских руд. Описана многостадийность железорудного процесса, участие в нем докембрийских кварцитовых железных руд и кор выветривания Украинского кристаллического щита, переотложение железа в почвенных красноцветах и накопление его в прибрежных лиманах и болотах. Подтверждается перспективность поисков железных руд на широких площадях прилегающих территорий.

Ключевые слова: железные руды, осадочные месторождения, коры выветривания, лиманы.

Ранее нами были в общем виде исследованы геохимические закономерности осадочного железорудного процесса и описаны восемь фациальных типов рудных месторождений, расположенных на гипотетическом фациальном профиле, охватывающем пространство от кор выветривания на поднятиях континентов до морских конечных водоемов стока во впадинах [73, 74]. Среди них наибольшее промышленное значение имеют морские и речные оолитовые месторождения гидрогетит-шамозит-хлорит-сидеритовых руд, широко распространенные в отложениях силура и ордовика, карбона, юры и мела, а также палеогена и неогена.

По данным А. Зицмана [96], запасы месторождений этого типа составляют 14 % общих мировых запасов железа (300 млрд т металла), тогда как среди подтвержденных запасов мира (172 млрд т), они оцениваются в 11,4 % [58]. Очевидно, что условия образования и закономерности размещения железорудных месторождений этого типа представляют значительный интерес как с теоретических, так и с практических позиций. К наиболее полно исследованным таким группам месторождений относится киммерийский Керченско-Таманский железорудный бассейн.

Бассейн расположен в районе восточного погружения Крымского мегантиклинория, в зоне развития палеоген-неогеновых отложений Керченско-Таманской провинции. Геология этого района

© В.Н. ХОЛОДОВ, Е.В. ГОЛУБОВСКАЯ, Р.И. НЕДУМОВ, 2014

многokrратно описывалась в работах Н.И. Андрусова, В.И. Лучицкого, С.В. Константинова, А.Д. Архангельского, Н.М. Страхова, М.В. Муратова, а позднее Е.Ф. Шнюкова, Ю.И. Иноземцева, П.И. Науменко, Г.И. и О.В. Гнатенко, В.А. Нестеровского и многих других украинских геологов.

Морские оолитовые железные руды здесь локализованы в киммерийских (среднеплиоценовых) отложениях [67, 70].

Восточная периклиналь Крымского мегантиклинория сложена толщей кайнозойских отложений, смятых в сложную систему складок; при этом в пределах Керченского и Таманского полуостровов насчитываются более 35 антиклинальных структур, в ядрах которых обнажаются сложно построенные толщи палеогена и неогена докиммерийского возраста. Большинство складчатых структур развивались длительно и характеризовались всеми особенностями конседиментационной складчатости, т.е. резко выражались в рельефе морского дна, благодаря чему синклинальные впадины, разделявшие поднятия еще в период седиментации железа, становились областями его концентрации, своеобразными «ловушками» руды. Процессы роста антиклиналей также наложили свой отпечаток на распространение рудных пластов; они привели к пострудной их эрозии на сводах поднятий и усилили рудообразующее значение синклинальных прогибов.

Благодаря множественности отдельных рудных площадей общая схема распространения оруденения крайне прихотлива. Выделяются две субширотные полосы длиной около 500 км, расположенные на северном побережье Керченского полуострова и на южном побережье Тамани. Их соединяет субмеридиональная полоса длиной в 30—40 км, вытянутая вдоль восточного берега Керченского полуострова. В центральной ее части располагаются главные промышленные объекты региона — Камыш-Бурунское и Эльтиген-Ортельское железорудные месторождения (рис. 1), ныне полностью выработанные.

В пределах Керченского железорудного бассейна довольно четко различаются три типа морских оолитовых рудных залежей: пластово-линзовые рудные тела, связанные с конседиментационными и постседиментационными мульдами-синклиналями; пластово-линзовые наклонные рудные линзы, залегающие на крыльях эродированных антиклинальных структур; рудные залежи, сопряженные с грязевулканическими брекчиями и локализованные в так называемых «вдавленных синклиналях» [82, 84, 85—87].

Рудные залежи первых двух типов довольно полно описаны в многочисленных работах геохимиков и геологов [32, 82, 86, 92], а также производственников — Н.А. Дыновского, Ф.З. Левиной, М.С. Мараховского. Типичные рудные залежи в мульдах развиты на обширных площадях, имеют мощность от 1—3 до 10—15 м, сложены рудами восстановительной («табачные руды») и окислительной фаций («икряные руды»), нередко ассоциирует с глинами и ракушняками (фаленами). Кроме железа и марганца, в рудах установлено повышенное содержание Р, V, As, а иногда Ti.

Железорудные залежи третьего типа, связанные с «вдавленными» синклиналями, существенно отличаются от обычных по условиям залегания и элементам-примесям руд. По данным Е.Ф. Шнюкова с соавторами [88], размеры таких впадин заметно уступают обычным тектоническим структурам, мощность рудных тел здесь заметно возрастает, а в составе залежей большую роль начинают играть терригенно-детритовые, терригенно-псевдооолитовые руды и грязебрек-

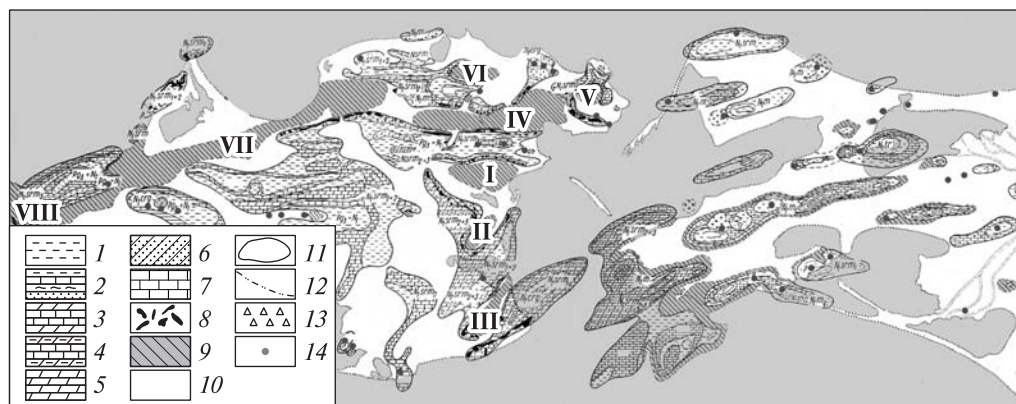


Рис. 1. Схема строения Керченско-Таманского железорудного бассейна [82]: 1 — глины; 2 — глины с прослоями песчаников, алевролитов и песков; 3 — болота; 4 — чередование глин, мергелей, известняков; 5 — мергели; 6 — флиш; 7 — известняки; 8 — рифовые (мшанковые) известняки; 9 — площадь распространения рудных отложений; 10 — площадь, занятая в киммерийское время морем; 11 — контур предполагаемой суши в киммерийское время; 12 — контур киммерийских отложений; 13 — сопочная брекчия; 14 — грязевые вулканы. I — Камыш—Бурнское месторождение; II — Эльтинген—Ортельское месторождение; III — Кыз-Аульское рудопроявление; IV — Катырлезское рудопроявление; V — Баксинское рудопроявление; VI — Кезенское рудопроявление; VII — Северное рудопроявление; VIII — Акмонайское рудопроявление

чии грязевых вулканов. По представлениям К.А. Прокопова, Г.А. Лычагина, Е.Ф. Шнюкова с соавторами [35, 51, 88], а также В.Н. Холодова, В.Н. Холодова с соавторами [69, 74] образование «вдавленных» структур объясняется как стадия развития тектонической складчатости, осложненной грязевулканической деятельностью. Именно извержения грязевого вулкана создавали дефицит массы осадочных пород на глубине, а отложение выделившихся из кратера масс грязебрекчий увеличивало статическое давление пород на поверхности. Сходная точка зрения на формирование «вдавленных» синклиналей была высказана В.Н. Холодовым [69] на основе типизации морфологических особенностей грязевых вулканов. Как было показано в работах Е.Ф. Шнюкова, В.В. Гусева, Л.А. Карпенко, В.И. Морозова и подробно рассмотрено в нашей работе [74], руды «вдавленных» синклиналей по содержанию Fe, Mn, P не отличаются от обычных гетит-хлорит-сидеритовых, оолитовых руд региона, но содержат повышенные количества Hg, V, As, Mo и Li.

В целом Крымско-Кавказская железорудная провинция захватывает северо-восточную часть Крымского полуострова, а также западную часть Западнокубанской впадины, включая Таманский полуостров. Эта часть региона на севере граничит с Украинским кристаллическим щитом, который многие исследователи (Н.М. Страхов, М.В. Муратов, Е.Ф. Шнюков и др.) рассматривали как основной источник железа в киммерийское время при формировании морских оолитовых руд. Строение и металлогения Украинского кристаллического щита представляет собой ключ к пониманию механизма накопления железа в киммерийских отложениях Причерноморья.

О строении и металлогении Украинского кристаллического щита

Украинский кристаллический щит сложен комплексом докембрийских кристаллических пород, расположен в юго-западной части Восточно-европейской платформы и прослежен более чем на 1000 км при ширине в 250—300 км. Его геологическое строение показано на рис. 2, заимствованном из монографии В.Е. Хаина [66].

В пределах массива широко развиты архейские, реже нижнепротерозойские гнейсы, кристаллические сланцы, амфиболиты, кварциты, мраморы и мигматизирующие их гранитоиды и ультрабазиты.

Весь докембрийский комплекс пород сложно дислоцирован и распадается на целую серию блоков; заложенные еще в катархее, эти блоки разделены субме-

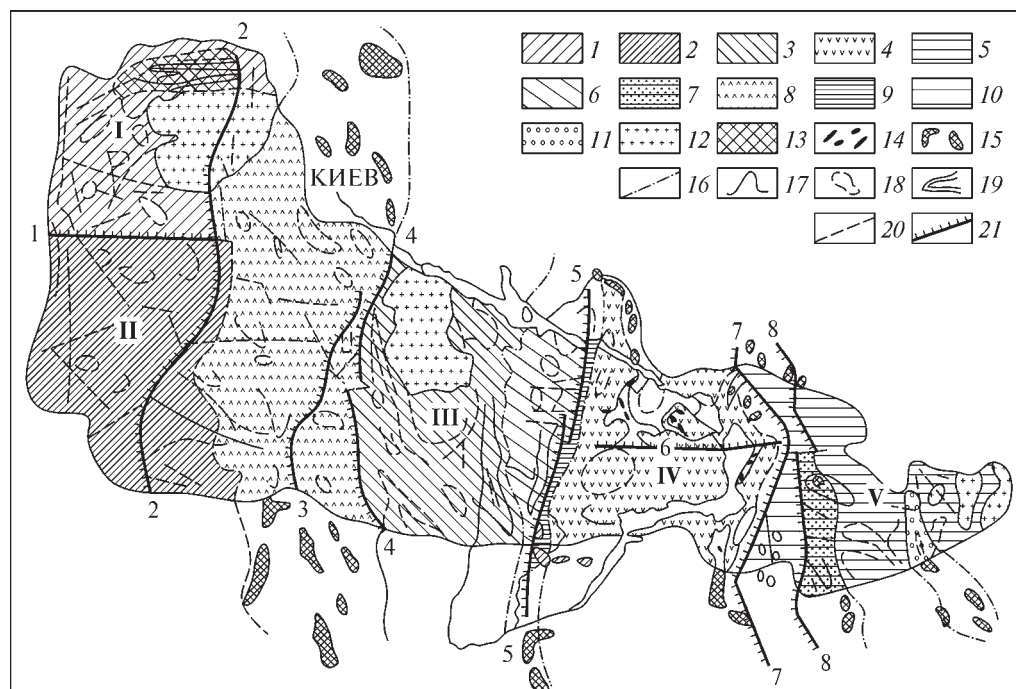


Рис. 2. Схема строения Украинского щита [66]: 1—5 — блоки, консолидированные в конце архея: 1 — Волынский (I), 2 — Бугско-Подольский (II), 3 — Кировоградский (III), 4 — Приднепровский (IV), 5 — Приазовский (V); 6, 7 — окраины архейских глыб, вовлеченные в геосинклинальное погружение в раннем протерозое: 6 — Западно-Ингулецкая, 7 — Западно-Приазовская; 8—11 — раннепротерозойские протогеосинклинали: 8 — Одесско-Каневская, 9 — Криворожско-Кременчугская, 10 — Орехово-Павлоградская, 11 — Мангушская; 12 — plutоны гранитов рапакиви и основных пород; 13 — Овручский позднепротерозойский интракратонный прогиб; 14 — выходы железистых кварцитов; 15 — интенсивные положительные магнитные аномалии, отвечающие погребенным залежам железистых кварцитов; 16 — границы структурных зон; 17 — контуры щита; 18, 19 — условные контуры структур: 18 — антиклинальных; 19 — синклиналиных; 20 — основные глубинные разломы; 21 — региональные разломы: 1 — Андрушовский, 2 — Западно-Житомирский, 3 — Западно-Уманский, 4 — Бусско-Мироновский, 5 — Криворожский, 6 — Девладовский, 7 — Орехово-Павлоградский, 8 — Азово-Павлоградский

ридионально ориентированными глубинными разломами, которые образуют систему грабен-синклинориев. Последние выполнены нижнепротерозойскими сериями, содержащими железистые кварциты, или джеспилиты. С запада на восток выделяются Волынский и Бугско-Подольский блоки, Кировоградский, Приднестровский и Приазовский мегаблоки.

Главными поставщиками рудного материала в смежные палеоморя являлись магматические породы щита. Среди них выделяются: базит-гипербазитовые комплексы Коростеньского плутона, прорывающие архейские породы Волынского и Кировоградского блоков; базит-гипербазитовые интрузии Новомиргородского плутона, расположенного на площади Кировоградского блока; щелочные гранитоиды Октябрьского массива, а также карбонатитовые проявления Приазовья; протерозойские железорудные формации шовных зон, среди которых особенно выделяются железистые кварциты Кривого Рога.

Коростенская интрузия расположена в северо-западной части Волынского блока и представлена сложным сочетанием гранитов-рапакиви и гипербазитов, прорывающих толщу архейских гнейсов, кристаллических сланцев, амфиболитов, кварцитов и мраморов. Общая площадь, занятая магматическими образованиями, составляет 12000 км², причем гипербазиты концентрируются в южной части массива, образуют ряд обособленных тел и занимают примерно 1300 км². Среди магматических пород основного комплекса преобладают габбро-анортозиты, несколько реже встречаются анортозиты, габбро-нориты и нориты [41]. Возраст гипербазитовых интрузий Коростенского плутона оценивают в 1750—1850 млн лет [56], а по другим данным в 1,7—1,9 млрд лет [89].

Корсунь-Новомиргородская интрузия расположена в северо-западной части Кировоградского блока и представляет собой огромный среднепротерозойский расслоенный плутон габбро и гранитов типа рапакиви. Габбро-анортозиты и анортозиты здесь также образуют обособленные тела, занимая суммарную площадь в 5400 км². В Новомиргородском, Городишевском, Смелянском телах гипербазитов анортозиты явно преобладают над габбро-анортозитами и габброидами [41]. В породах распространены скопления титаномагнетита, магнетита и апатита; некоторые участки могут иметь промышленное значение [14]. Возраст гипербазитов — 1,84 млрд лет [8].

Известно, что распределение железа, титана и фосфора в магматическом цикле определяется основностью магмы. Это хорошо видно по данным [10]:

	Fe, %	Ti, %	P, %
Кислые породы (граниты, диориты)	2,7	0,23	0,07
Средние породы (диориты, андезиты)	5,85	0,80	0,16
Основные породы (базальты, габбро)	8,56	0,90	0,14
Ультраосновные породы (дуниты, перидотиты)	9,85	0,03	0,017

Очевидно, что интрузии Украинского щита вносили в зону гипергенеза и выветривания огромные массы этих элементов.

Протерозойские железорудные формации пользуются максимальным распространением в Криворожском шовном синклинории, разграничивающем Приднестровский и Кировоградский блоки. Он складывается криворожской метабазитовой серией мощностью до 8 км (2100—1800 млн лет), включающей толщу железистых кварцитов; гематит-мартит-магнетитовые руды этого региона содержат свыше 58 % железа и менее 14 % SiO₂. Криворожский железорудный бассейн

отличается астрономическими запасами магнетита; поскольку в других шовных зонах Украинского массива также встречены джеспилитовые протерозойские образования, можно предполагать, что весь щит в целом при эрозии в юрско-меловое и более поздние времена мог служить необычайно мощным поставщиком железа, титана и фосфора в смежные палеоморя.

Наконец, следует отметить, что железистые кварциты довольно часто встречаются среди архейских пород этого региона; они несомненно усиливают значение докембрийских толщ щита в качестве возможного поставщика железа.

Большую роль в металлогении Украинского кристаллического щита играет кора выветривания, покрывающая значительные площади развития докембрийских пород; она исследовалась в работах Ю.Б. Басса, Н.И. Бучинской, Е.Г. Куковского, Ю.А. Русько, А.Д. Додатко, В.Г. Погребного, М.Д. Эльянова, Е.К. Лазаренко, Ю.П. Мельника, М.Г. Бергера, В.Ю. Кондрачука, М.Б. Славутского и многих других украинских геологов. Было показано, что в истории развития этого региона выделяется несколько этапов корообразования; стратиграфически они охватывают ряд эпох — юрско-нижнемеловую, палеогеновую и плиоценовую (киммерийскую). Наиболее полно здесь развита среднемезозойская (юрско-меловая) кора выветривания; она покрывает почти всю площадь щита (около 200 тыс. км²) и варьирует в мощности от 2—6 до 60 м.

Геохимия железа в процессах формирования кор выветривания рассматривалась в многочисленных работах Н.М. Страхова, И.И. Гинзбурга и его сотрудников, Б.М. Михайлова, Н.А. Лисицыной, А.Г. Черняховского, В.П. Петрова, Ю.С. Лебедева, Ю.Ю. Бугельского, Б.А. Богатырева, А.А. Меняйлова, А.Д. Додатко и др. геологов; краткое обобщение этих работ выполнено в предыдущей публикации [74].

Поведение железа при выветривании, главным образом, определяется минеральными формами этого элемента в материнских магматических породах. Часть железа, связанная с устойчивыми минералами (титаномагнетит, ильменит), транзитно проходит сквозь все гидродинамические зоны коры (застойную зону, зону просачивания атмосферных вод, зону просачивания почвенных вод) и накапливается в нижних частях элювия или концентрируется при пролювиально-делювиальных или аллювиальных процессах перераспределения в коре выветривания. Другая часть интересующего нас элемента, связанная с силикатами и сульфатами, легко вымывается и частично выносится за пределы коры выветривания (до 25—27 % от исходных содержаний, по данным [34]), а частично окисляется и концентрируется в виде гидроксидов, существенно обогащающих верхнюю приповерхностную зону коры выветривания; здесь формируется латеритовая корка, нередко содержащая скопления гидроксидов алюминия (бокситы). В пределах Украинского кристаллического щита известны обе формы накопления железа.

С корой выветривания докембрийских пород здесь ассоциируются многочисленные россыпные месторождения. В районе Коростенского плутона к ним принадлежит Иршанская группа ильменитовых россыпей, а в пределах Криворожско-Кременчугского синклинория — группа Среднеприднестровских титано-цирконовых россыпей.

Иршанские россыпные месторождения на площади контролируются Володар-Волынским массивом габбро-анортозитов, с которым они связаны генети-

чески. Здесь известны восемь крупных месторождений, среди которых выделяются Верхне-Иршанские, Лемнинские и Междуреченские россыпи, связанные с элювиальными и речными фациями мезозоя и кайнозоя. Рудные тела представлены пластообразными скоплениями ильменита (FeTiO_3), титаномагнетита ($\text{Fe, Fe}_2\text{O}_4$), лейкоксена (TiO_2), сидерита (FeCO_3), апатита ($\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{F, Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{Cl}$); в преобладающем ильмените содержится 30—38 % железа и 48—53 % титана [25]. Россыпи прослеживаются на значительном стратиграфическом интервале — от юрских отложений до квартера.

Среднеприднестровские титано-цирконовые россыпи локализованы в прибрежно-морских терригенных фациях олигоцен-миоценового возраста и распространены вдоль всего северо-восточного склона Украинского кристаллического щита. К ним принадлежат Тарасовское, Малышевское (Самотканское) и Волчанское месторождения титана и циркония. Руда в них представлена концентрациями ильменита (FeTiO_3), рутила (TiO_2) и циркона (ZrSiO_4); присутствуют ставролит, дистен, турмалин [47]. Хотя территориально россыпи не связаны с подстилающими докембрийскими толщами, ряд исследователей [75] считают, что их происхождение обусловлено эрозией вулканогенно-осадочных пород криворожской и ингулецкой серий докембрия.

В коре выветривания анортозитов и габбро-анортозитов Ново-Миргородского плутона известно Смелянское бокситовое месторождение; оно было описано в работах [4, 6] и в статьях [77, 21] и др. Здесь в элювии, залегающем на материнских магматических породах, выделяются четыре зоны (снизу вверх): зона дезинтегрированных габброидов, гидрослюдисто-сметкитовая, каолининовая и гидрогетит-гиббситовая.

Верхняя, железисто-бокситовая зона частично размыта и представлена как латеритными, так и переотложенными железисто-бокситовыми породами и рудами. Латеритные бокситы содержат 0,35—26,86 % Fe_2O_3 и 0,01—17,89 % FeO; переотложенные осадочные бокситы — 2,26—10,84 % Fe_2O_3 и 0,01—5,82 % FeO.

Очевидно, что железо в растворенном состоянии интенсивно выносилось из коры выветривания в процессе переотложения материала. Обращает также на себя внимание, что механически переотложенный материал существенно обогащен устойчивыми минералами — магнетитом, ильменитом, турмалином и кварцем.

В площадной коре выветривания юрско-мелового возраста Украинского кристаллического щита верхняя гиббсит-гетитовая (латеритная) зона из-за неполноты процессов выветривания и последующих размывов и эрозии сохранилась лишь на отдельных участках. В северо-западной части щита верхняя латеритная зона была установлена работами [7], в пределах южной окраины — [5, 34 и др., в северо-восточной части — [36], в Приднепровье — [20, 49]. В целом, само существование таких реликтовых латеритных зон подтверждает ранее сделанные выводы о том, что выветривание магматических пород и формирование элювия обычно сопровождается интенсивным выносом железа за пределы коры, с одной стороны, и его перераспределением и концентрацией в верхних зонах профиля выветривания — с другой [74]. Магматические породы как бы «транслируют» повышенные содержания железа в покрывающую их элювиальную оболочку.

Для дальнейших построений важно подчеркнуть, что морфологически Украинский кристаллический щит в настоящее время представляет собой платооб-

разную поверхность с четко выраженными склонами, наклоненными в сторону обрамляющих его впадин (на северо-востоке — Днепровско-Донецкой, на юге и юго-западе — Черноморской). Почти повсеместно (за исключением глубоких внутренних впадин) кристаллические породы щита возвышаются над уровнем современных прилегающих морей и имеют абсолютные отметки 300—320 м [90].

Приведенный выше краткий обзор металлогении Украинского кристаллического щита позволяет считать, что в этом регионе сосредоточены многочисленные и разнообразные по генезису железорудные проявления, которые при благоприятных физико-географических обстоятельствах могли являться важным поставщиком железа в смежные палеоморя.

Палеоклимат и палеогеография киммерийского времени как фактор мобилизации железа в процессах выветривания

Палеогеографическая обстановка региона, расположенного к югу от Украинского кристаллического щита, охватывающего Карпаты, Крымские горы, Большой Кавказ, Черное море и обрамляющие его с юга Родопы, Понтические горы и Малый Кавказ в киммерийское время неоднократно исследовалась в работах Н.А. Соколова, И.Ф. Синцова, Н.И. Андрусова, А.П. Павлова, А.Д. Архангельского, Н.М. Страхова, В.Н. Колесникова, М.В. Муратова, А.Б. Ронина, Е.Ф. Шнюкова и многих других российских и украинских геологов. Общая схема палеогеографии этого региона в киммерийское время была составлена М.В. Муратовым [42, 43]; она представлена на рис. 3.

Среди горных хребтов в пределах исследуемого региона наиболее ярко был выражен Большой Кавказ; его центральная часть возвышалась над окружающими равнинами на высоту около 3000 м [64]. Горные сооружения Крыма и Карпаты значительно уступали ему по контрастности рельефа и местами сливались с окружающими их равнинами.

Наиболее приподнятая часть Кавказа примерно на меридиане Ставропольского плато делила регион на две разные климатические зоны. К западу от Ставропольского поднятия находилась область влажного и теплого субтропического климата. Здесь во впадинах располагались два сильно опресненных водоема — Киммерийское и Дакийское озера, причем Киммерийское озеро, являвшееся аналогом современного Черного моря, отличалось огромной площадью акватории и в северной части было осложнено двумя заливами — «зародышами» украинского шельфа и Азовского моря.

Восточнее Ставропольского плато и Закавказской впадины начиналась область жаркого аридного климата. Здесь центром и конечным водоемом сноса являлось Балаханское озеро, заполнявшее Южнокаспийскую впадину; со всех сторон оно было окружено континентальными фациями полупустынь и пустынь.

Интересующая нас западная часть Причерноморья, расположенная на юго-востоке и юге Киммерийского озера и южнее Дакийского пресноводного водоема, представляла собой холмистую равнину, осложненную возвышенностями, поросшими лесом. В разделявших их котловинах происходило заболачивание, а в западной части, на территории современной Болгарии и Румынии, формировались многочисленные угольные залежи. Это бурые угли Ломского бассейна, месторождения Пловдив, Кюстендия и Софии (Болгария), а также буроугольные залежи Питешты, р. Жиу и Марицы (Румыния). В них встречены многочис-

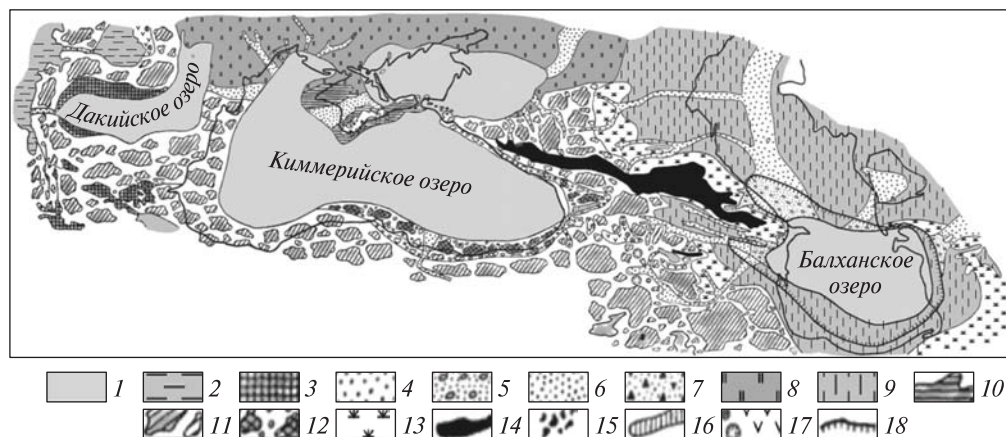


Рис. 3. Схема палеогеографической обстановки киммерийского века среднего плиоцена [42]: 1 — соленые озера-моря; 2 — пресные озера; 3 — заболоченные равнины с накоплением торфа; 4 — речные долины; 5 — дельты рек; 6 — степные равнины подножий возвышенностей с накоплением пролювиальных выносов; 7 — подножья гор и долины, выполненные брекчиями и другими накоплениями временных потоков; 8 — равнины в области субтропических степей с образованием красноземов; 9 — равнины в области полупустыни (без красноземов); 10 — возвышенности и склоны, покрытые местами красноземами; 11 — нагорья, возвышенности и склоны, покрытые широколиственными лесами; 12 — склоны и возвышенности, покрытые субтропическими лесами с отдельными элементами флоры тропиков; 13 — возвышенности и склоны гор с ксерофитной растительностью в области климата полупустыни; 14 — области высокогорья с отдельными ледниками; 15 — карстовые явления; 16 — районы субтропических лесов с мощной латеритной корой выветривания; 17 — вулканические конусы и накопления продуктов вулканической деятельности; 18 — граница киммерийского бассейна в Каспии

ленные отпечатки ливанского кедра, магнолий, рододендронов, буков, кленов, берез, дубов, пихты, сосен, елей и др. растений [43], что свидетельствует о теплом субтропическом климате, близком к современному средиземноморскому.

В восточной части Причерноморского региона, в пределах Рионской впадины, Аджаро-Триолетского хребта и Абхазского побережья были установлены сходные климатические обстановки. Здесь в споровых комплексах преобладают формы теплолюбивых растений, а среди разнообразных отпечатков вечнозеленых и широколиственных листопадных растений были встречены остатки пальмы *Sabal* [45, 46].

Имеются все основания вслед за М.В. Муратовым выделять область влажного субтропического климата на площади современных Понтических гор Малой Азии, обрамляющих Киммерийское озеро с юга.

Существенно меняется климатическая обстановка в северном обрамлении Киммерийского водоема. В этом направлении значительно изменилось количество годовых осадков, густые леса постепенно сменялись лесостепью, а затем степью. Спорово-пыльцевой анализ свидетельствует о преобладании травяных растений и злаков в районах Приазовья, Степного Крыма и Керченско-Таманского региона, а уступающая им пыльца листопадных растений — о концентрации деревьев и кустарников исключительно вдоль рек и ручьев [35]. В плиоценовых отложениях юга Украины [40] и в Западном Предкавказье [9], в киммерийских континентальных толщах обнаружены остатки гиппарионов, мастодонтов, лисиц, одnogорбых верблюдов, гиен, саблезубых тигров, барсуков, бобров, дикобразов,

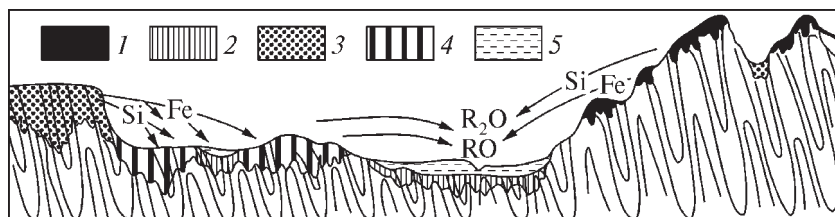


Рис. 4. Схема локализации разных типов элювия кор выветривания Либериийского щита [39]: 1 — горные коры выветривания; 2 — низинные коры выветривания; 3 — коры выветривания высоких пенепленов; 4 — коры выветривания низких пенепленов; 5 — наносы

олений, страусов, каменных куропаток, обезьян, медведей, носорогов, многочисленных грызунов. Такое сочетание животных свидетельствует о климате теплых степей, приближающихся к саваннам. Здесь жаркое лето сочеталось с бесснежной или малоснежной зимой, а обильные осадки перемежались с засухами.

В полном соответствии с этими климатическими инверсиями находится широкое распространение на севере региона красноземов — почв и верхних зон коры выветривания, содержащих повышенное количество гидроксидного железа. Следует подчеркнуть, что красноземы пространственно и генетически связаны с корами выветривания, так, как это имеет место в ряде районов Украинского кристаллического щита или в пределах Аджаро-Имеретинского хребта и Батумского побережья [34]. В этом случае их следует рассматривать как одну из стадий формирования элювия и включать в общую картину преобразования исходных магматических пород, трансформации эндогенных минералов и выноса некоторых химических элементов за пределы коры выветривания.

Однако в ряде случаев красноземы могут представлять собой самостоятельные аллохтонные почвенные образования и формировать целые горизонты, перемежающиеся с литологически различными осадочными отложениями. В качестве примера можно привести механизм образования таврской свиты северных предгорий Крымских гор; здесь в среднем плиоцене песчаники и конгломераты чередуются с ископаемыми красноцветными почвами («красноземами»). По мнению ряда ученых [65, 23, 16, 42], эти красноземы представляют собой почвенные горизонты, переотложенные вследствие делювиально-пролювиальных процессов и включенные в терригенные накопления, возникшие за счет эрозии сооружений Горного Крыма. Характерно, что в таврских красноземах валовое содержание железа колеблется от 3,04 до 6,82 %, что при максимальном значении почти вдвое превышает кларк этого элемента в осадочных породах [84]. Фациально и по содержанию железа эти образования чрезвычайно близки тем красноцветам, что в среднекиммерийское время покрывали склоны и равнины Украинского кристаллического щита (см. рис. 3).

Следует отметить, что красноземные отложения украинских степей и саванн в киммерийское время формировались на рубеже двух климатических зон: на юге располагалась область влажных субтропиков, а на севере эта зона сменялась областью более сухого и жаркого климата степей-саванн, в котором чередовались малоснежные зимы и теплое сезоннозасушливое или дождливое лето. В результате в течение лета обилие травяной растительности и растительных удобрений в почвах сменялись жаркими, сухими и безводными обстановками, влага исчезала и степь превращалась в полупустыню [42, 43, 93].

Контрастность климатических условий порождала крайнюю неустойчивость в поведении железа. В засушливое время господство кислорода при отсутствии влаги стимулировало фиксацию гидроксидов железа в почвах и верхних слоях элювия; формировались красноцветные горизонты. Наоборот, во влажные периоды расцвета трав значительные массы трехвалентного железа восстанавливались до двухвалентного состояния под действием почвенных вод, обогащенных органическим веществом растительности; железо переходило в раствор, образуя крайне подвижные металлоорганические соединения и мигрировало с почвенными водами на большие расстояния. Аналог этих процессов следует искать в современных тропических и субтропических обстановках.

Среди латеритных и почвенных покровов субтропической Гвинеи (Африка) выделяются четыре фашиально-географические зоны: горные коры выветривания, низинные коры выветривания, коры выветривания высоких и низких пенепленов; все они связаны между собой в единую гидрогеологическую систему [38, 39] (рис. 4). Железо латеритов при подкислении почвенных растворов и в результате воздействия растительной органики восстанавливается, переходит в раствор и мигрирует с приподнятых в рельефе участков в опущенные. Там оно вновь окисляется и фиксируется в виде конкреций, линз и «кирас». В верхней почвенно-элювиальной зоне покрова таким способом могут, по-видимому, не только формироваться гипергенные рудные месторождения в элювии, но и почвенные красноземы. Во всяком случае можно предположить, что красноземные почвы киммерийского времени во впадинах, окружающих Украинский щит, представляли собой своеобразный «ареал», образованный в процессе гипергенной «переработки» элювиальных скоплений железа. Многократно повторяющиеся процессы восстановления, миграции и окисления, отражающие сезонные периоды дождей и засухи, увеличивали площади развития подпочвенных красноземов и определяли их постепенное «сползание» с приподнятых участков Украинского кристаллического щита к низким заболоченным берегам пресноводных озер.

Болота и лиманы киммерийского озера-моря как концентраторы железа в субаквальном рудообразовании

Современные болота в мире занимают около 12000 км² континентальных гумидных зон; они развиты как в северных таежноподзолистых ландшафтах, так и в тропиках и субтропиках. Избыток влаги и растительности — вот главная причина, определяющая развитие болотных ландшафтов.

Современные болотные системы исследовались В.В. Докучаевым, И.И. Жилинским, В.И. Вернадским, В.Н. Сукачевым, Н.А. Тутковским, С.Н. Тюремновым, Д.А. Герасимовым, Г.И. Перфильевым, Н.М. Страховым, Г.И. Бушинским, К.И. Лукашевым, В.А. Ковалевым, М.Н. Никоновым, П.П. Тимофеевым, В.Г. Матухиным и др.

В работах Н.М. Страхова [59—61] было показано, что в почвах и болотах северной гумидной зоны, а также в тропических и субтропических областях разложение растительной органики создает резко восстановительную и слабокислую геохимическую среду. Трехвалентное железо восстанавливается до двухвалентного, часто образуя металлоорганические соединения, и существенно обогащает

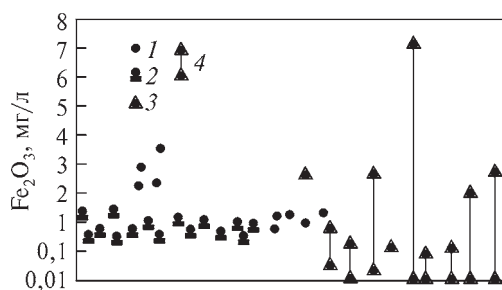


Рис. 5. Содержание Fe₂O₃ в водах рек и озер влажных тропиков и субтропиков [59], по Ф. Кларку: 1 — единичные анализы речных вод; 2 — среднее из анализов речных вод; 3 — озерные воды. Вертикальными отрезками показаны пределы колебаний содержания Fe₂O₃ в озерных водах: нижняя отметка дает содержание в поверхностной воде, а верхняя — в глубоких (придонных) горизонтах

воды болот и северных озер (рис. 5). Опираясь на исследования Р.В. Ван-Беммелена, Ф. Кларка, И. Раммана, И.В. Тюрина, С.А. Зернова и др. исследователей, Н.М. Страхов показал, что содержание растворенного железа в болотных водах может достигать 62 мг/л, и именно болота являются источником железа при образовании многих осадочных железорудных месторождений.

В озерах поведение железа также тесно связано с содержанием органического вещества в воде: согласно статистическим данным немецких ученых, в воде олиготрофных озер (содержащих минимум органики) количество Fe₂O₃ колеблется от 0 до 0,25 мг/л, в водах мезотрофных озер оно изменяется от 0,25 до 1 мг/л, а в эвтрофных (существенно обогащенных органическим материалом) — от 1,0 до 12 мг/л.

Позднее, обобщив исследования С. Йошимуры, В. Охла, Ф Станденберга, а также В.С. Ивлева и А.П. Щербакова, С.И. Кузнецов [30] выявил детали вертикального распределения железа в эвтрофных озерах в разные периоды их развития. Он показал, что усиление циркуляции вод озер в весенний и осенний периоды способствуют распространению кислорода во всей массе озерной воды, что вызывает массовое осаждение гидроксидов железа и обогащение ими донных осадков; в это время концентрация в водах железа в среднем не превышает 0,2—0,3 мг/л. В периоды стагнации летом и зимой имеет место обогащение вод органикой и обеднение их кислородом; в итоге количество растворенного железа в придонных слоях достигает 40 мг/л, а его высокие содержания постепенно захватывают верхние слои водоема.

Представления Н.М. Страхова о поведении железа в болотных системах получили дальнейшее развитие в работах В.А. Ковалева [28] и его сотрудников (В.А. Генераловой, А.Л. Жуховицкой и др.), осветивших проблемы геохимии и рудообразования торфяных болот Беларуси. Ими было установлено, что содержание растворенного железа в водах болот Полесья может достигать 600 мг/л. Эта величина превышает содержание железа в водах болот Подмосковья — 200 мг/л [27], Западной Сибири — 100 мг/л [48], низовий Западной Двины — 100 мг/л [29].

В.А. Ковалев [28] исследовал в болотных водах кислород-гидроксильную и карбонатную физико-химические системы, а также распределение фосфора, серы и кремнезема. В результате им было установлено, что железо не только растворяется в болотной воде, но образует с органикой металлоорганические комплексы, способствующие увеличению миграционной способности двухвалентного железа, а в смежных морских водоемах — распространению диагенетического сидерита.

Была также показана возможность растворения силикатной взвеси и накопления в болотных водах кремния и кремнезема ($\text{Si} = 5,2\text{--}6,1\%$, $\text{SiO}_2 = 7,8\text{--}13,1\%$), а также установлен синтез каолинита и, возможно, хлоритов и коллоидно-сорбционных соединений с фосфатами и оксидами железа. Таким образом, болотные системы, согласно материалам В.А. Ковалева, выступают не только в качестве концентратора металла, но и в роли физико-химического преобразователя осадочного взвешенного материала, способствующего реализации железорудного процесса. Тем самым они активно влияют на развитие железорудного рудогенеза в смежных водоемах.

В прибрежных районах Северного Причерноморья и по берегам Азовского моря низинные болота нередко бывают связаны с современными лиманами, лагунами, озерами и солончаками. Наиболее широко развитые лиманы представляют собой крупные приустьевые эрозионные врезы — низовья рек, заполненные пресной водой или солоновато-водным раствором и отделенные от морской акватории терригенными косами или пересыпями. Закрытые и открытые лиманы различают по связи этих образований с морским водоемом. Лиманы генетически связаны с лагунами или озерами, полностью отделенными от морских водоемов водными бассейнами, а те, в свою очередь, в условиях аридного засушливого климата сменяются рапными озерами и солончаками, а в районах развития влажного гумидного климата низинными болотами [22, 46, 83 и др.].

Наиболее крупные лиманы расположены в пределах западного Причерноморья, в бассейнах Дуная, Днестра, Днепра и Буга; самый большой Днепровский лиман, ограниченный с юга Кинбурнской косой, вытянут в длину на 60 км и в ширину на 15 км. В центральной части фарватера его глубина составляет 17 м. Восточная часть лимана заполнена пресной водой; здесь отлагаются пески с растительными остатками и фауной пресноводных моллюсков. Западная часть этого водоема содержит соленую воду; там развиты черные и зеленовато-черные илы с червями рода *Nereidea*. Низовье Днепра заросло камышом и сильно заболочено.

В Днепровско-Бугском лимане благодаря смешению речных и морских вод, действию сгонных и нагонных ветров и влиянию биогенного фактора создается чрезвычайно сложная геохимическая обстановка. Содержание железа в водах здесь колеблется от следов до 0,6 мг/л, причем в периоды расцвета планктона (весна и осень) оно заметно уменьшается, а в летнее и зимнее время возрастает. Массы железа в нефильтрованной воде лимана оцениваются в 600 т, а в фильтрованной — в 300 т [1]. Развитие планктона и деятельность макрофитов (камыш, нитчатые водоросли и др.) приводят к тому, что в поверхностном слое черных илов Днепровско-Бугского лимана концентрируются подвижное железо (52501 мг/кг), марганец (2200 мг/кг), а также малые элементы — Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd и др. [26, 81].

Распределение железа в илах Днепровско-Бугского лимана тесно связано с гранулометрией осадка. Валовое среднее содержание железа в песках не превышает 0,88 %, в алевритах — 3,14 %, а в алевритовых пелитах и глинистых илах оно колеблется от 5,24 до 6,52 %. По-видимому, такое распределение железа в донных осадках отражает его миграцию в речных водах Днепра и Буга в виде тонкой коллоидной взвеси [54, 11].

Изолированные («закрытые») от моря лиманы благодаря интенсивной биологической жизни в периоды изоляции водоемов являются своеобразными

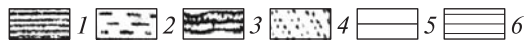
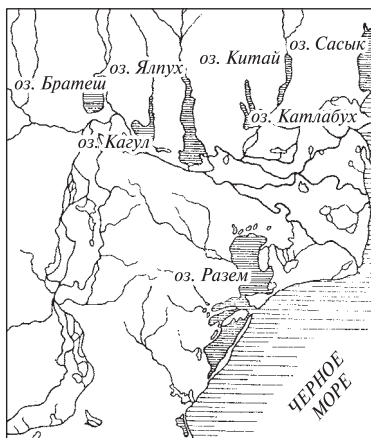


Рис. 6. Схема строения дельты Дуная [24], по И. Мертону: 1 — озера и лиманы; 2 — непроходимые болота («плауры»); 3 — «гринду» (речные); 4 — суша; 5 — море глубиной меньше 2 м; 6 — море глубиной больше 2 м

ловушками, трансформирующими потоки химических компонентов, перемещающихся с континентов в моря. На протяжении всего периода изоляции они накапливают тяжелые и редкие металлы в биомассе, осадках и растворе [81]. Последующее усиление речного потока или наступление моря вскрывают такие геохимические «копилки» растворенного железа, и лиманы освобождаются от накопившегося «груза».

Общеизвестно, что 99,8 % железа в современных реках мигрирует в виде взвеси [12, 60], которая в конечных водоемах стока рассеивается, разбавляется другими компонентами и не способна образовывать крупные рудные скопления. Наоборот, растворенное в водах железо активно участвует в рудообразующих процессах; по существу процессы, увеличивающие массу растворенного железа в болотах, лиманах и озерах, подготавливают возможность рудообразования в близлежащих водоемах.

В пределах западного и северного Причерноморья выделяются три района, в которых развиты болота и связанные с ними лиманы-озера: устья Дуная, Днестра и Кубани.

Дельта р. Дунай подробно описана в работах Г.П. Михайловского, В.П. Зенковича, Д.В. Наливкина, И.Г. Петреску, И.В. Самойлова, В.Н. Михайлова; ее строение изображено на рис. 6. Как хорошо видно на врезке, р. Дунай вблизи от древнего поднятия Добруджи меняет свое субширотное направление на меридиональное и на протяжении 120 км вплоть до г. Галац и впадения в нее р. Серет течет к северу. Далее Дунай вновь приобретает субширотное направление, разветвляется на три рукава — северный, Килийский; средний, Сулинский и южный, Георгиевский — и впадает в Черное море. Дельта Дуная имеет форму треугольника, вершина которого располагается у г. Измаил, а основание вытянуто вдоль берега Черного моря. Она занимает площадь в 3500 км² [24]. С севера и юга дельта окружена лиманами и озерами. На северной окраине располагаются озера Братеш и Кагул, а также лиманы Ялпух, Катлабух и Китай. Лиманы наполнены мутной, зеленовато-коричневой водой, на дне развиты темные илы с многочисленными растительными остатками и богатой солоноватоводной и пресноводной фауной моллюсков. Самым крупным лиманом является Ялпух, длина которого достигает 50 км при ширине 5—6 км. На юге расположены лиманы-озера Розем и Цмейка.

Около 87 % площади дельты (3045 км²) занимают болота, носящие местное название «плауры». Их уровень расположен ниже уровня Черного моря, они заполнены водой с покровом из переплетенных корней и стеблей камыша, тростника и аллохтонных растительных остатков. Валы и холмы наносного материала (пески и алевриты), поросшие кустарником, а также дубовым и сосновым лесом («гринду»), разделяют непроходимые участки низинных болот. Как хорошо видно на рис. 6, в центральной части заболоченной дельты располагается большое количество малых водоемов и луж.

По аналогии с болотами Полесья [28] можно предполагать, что «плауры» дельты Дуная являлись и являются таким же мощным накопителем растворенного железа, как многие другие низинные болота.

Существенно отличается от дельты Дуная дельта р. Кубань в районе Таманского полуострова; она расположена в области более жаркого и местами засушливого климата. Как было показано в работах Г.В. Абиha, В.Л. Болдырева,



Рис. 7. Схема строения дельты Кубани [46], по Н.Я. Данилевскому

Н.Я. Данилевского, В.В. Вебера, Е.Н. Егорова, И.И. Ромма, Е.Ф. Шнюкова, Г.Н. Орловского, В.П. Цепко, В.П. Усенко и др., дельта Кубани перед впадением в Азовское море распадается на ряд протоков и эриков, осложняясь целой системой лиманов. К северу от Таманского полуострова располагаются Ахтанизовский, Курчанский, Восточный, Горький, Сладкий, Курпильский, Ахтарский, Бейсугский, Ейский лиманы и озеро Ханское; к югу — Бугазский (Кизилташский) и Витязевский лиманы (рис. 7). Лиманы соседствуют с лагунами, озерами и солончаками, формируя очень сложную водную систему. Входящие в нее водоемы отличаются различной соленостью — от сильно опресненного Ахтанизовского лимана до рапных озер Соленое и Тузла.

Мелководные лиманы, глубина которых обычно не превышает 1,5–2,0 м, быстро зарастают влаголюбивой растительностью. Гуминовые кислоты, образующиеся за счет разложения растительных остатков и планктона, часто окрашивают воду в темнокоричневый цвет. По данным [163], растительная биомасса лиманов огромна; только в районе Ахтарско-Гривенских водоемов по приблизительным подсчетам сосредоточено более 5 млн т растительного материала.

Поведение железа в различных осадках лиманов, лагун и рапных озер дельты Кубани было детально исследовано в работе [52]. И.И. Ромм установил, что отношение FeO/Fe_2O_3 и редокс-потенциал (Eh) в осадках четко определяются содержанием в них органического вещества; между количеством двухвалентного железа и содержанием Сорг существует прямая зависимость. Эта зависимость, по-видимому, совсем не связана с соленостью вод; в лиманах и озерах, содержащих пресные гидрокарбонатные воды (Ахтанизовский лиман), и в самосадочных рапных озерах (Тузлы, Соленое) соотношение органического углерода с двухвалентным железом остается стабильным. Любопытно также, что в мелко-

водных водоемах дельты Кубани отсутствует четкая связь между количеством органического материала и гранулометрическим составом осадков. Обязательное высокое содержание органики в глинистых фациях и падение его количества в песках, на которое указывали П. Траск, Н.М. Страхов, Н.Б. Вассоевич, Е.А. Романовская и др., по-видимому, типично для эпиконтинентальных морей, где реализуется гранулометрическое разделение осадочного материала мощными гидродинамическими процессами; в лиманах и озерах большую роль играет влияние интеграции (смещения) фракций. В целом геохимические данные И.И. Ромма хорошо согласуются с выводами лимнологов, почвоведов и геохимиков (С.И. Кузнецов, В.А. Ковалев, А.И. Перельман, Н.М. Страхов и др.). К сожалению, в его работе отсутствуют определения, позволяющие оценить поведение железа в водах лиманов и, таким образом, рассчитать общее количество реакционноспособного железа в этих водоемах.

Современные лиманы очень широко развиты в северо-западном Причерноморье, в западном Крыму, на Керченском полуострове, в районах Степного Крыма, на северном побережье Азовского моря.

Расположение лиманов в междуречье Дунай-Днепр показано на схеме рис. 8, заимствованной из [81]. Здесь с запада на восток сменяют друг друга водоемы Сасык, Шаганы, Бургас, Будак, Днестровский, Грибовский, Сухой, Хаджибейский, Куяльницкий, Большой и Малый Аджалык, Тилигульский, Березаньский, Днепровский и Бугский. Часть из них косами и пересыпями полностью отделены от Черного моря, но ряд водоемов, особенно в восточной части этой гигантской полудуги, полностью открыты в сторону моря и представляют собой эстуарии крупных платформенных рек.

Среди перечисленных лиманов особенно выделяются Хаджибейский, Куяльницкий и Тилигульский.

Хаджибейский лиман вытянут в длину на 30 км при ширине 3—4 км; близок к нему по размерам Куяльницкий лиман. Глубина Хаджибейского лимана достигает 12—14 м, Куяльницкого — 3—4 м. Оба лимана наполнены горько-соленой водой. Куяльницкий лиман временами пересыхает, превращаясь в самосадочное



Рис. 8. Схема распространения прибрежных водоемов-лиманов в северо-западном Причерноморье [81]. Типы лиманов: 1 — закрытые, 2 — открытые



Рис. 9. Озера-лагуны Западного Крыма [15]



Рис. 10. Сиваш и Перекопские озера [15]

озеро. Лиманы у берегов заросли травой, а в жаркое время переполняются мелкими ракообразными (*Ostracoda*, *Branchiopoda* и др.). Вдоль берегов на дне преобладает песчаный ил, который глубже сменяется черным глинистым илом, зараженным сероводородом. На берегу Куяльницкого лимана расположена грязелечебница.

По данным [53], в лечебных грязях Куяльницкого лимана в среднем содержится около 1,82 % $C_{орг.}$, 5,52 % Fe_2O_3 (3,86 % валового железа) в твердой фазе и, согласно данным [37], до 5,9 мг/л железа, растворенного в поровых водах. В донных осадках Хаджибейского, Тилигульского и Березанского лиманов В.С. Полищук с соавторами [50] определили средние содержания железа, колеблющиеся соответственно от 1,28 до 2,73, от 1,82 до 2,9 и от 1,69 до 3,24 % (пески — глины). Кроме того, значительное количество железа оказалось растворено в поровых и наддонных

водах. Так, например, содержание железа в водах Хаджибейского лимана по замерам 1981—1984 гг. колебалось в пределах 0,017—0,284 мг/л, а по сведениям 1979—1987 гг. в водах Тилигульского лимана оно варьировало от 0,001 до 0,688 мг/л. Попытки связать распределение железа в системе осадок—вода с сезонными процессами растворения потерпели фиаско; по-видимому, в случае лиманов исследователь имеет дело со сложными и многофакторными системами, которые при изучении требуют более точных, комплексных и систематических наблюдений.

Лиманы и озера западного Крыма принадлежат к группе грязелечебных; центром этого региона является курорт Евпатория. Их относительное положение показано на рис. 9. Среди них отчетливо преобладают солеродные озера и

лагуны, обычно отделенные наносными «перемычками» у моря. С севера на юг расположены озера Донузлав, Ойбурское, Сасык-Сиваш, Сакское и множество более миниатюрных водоемов.

Наиболее типичен для этого района лиман Саки, подробно описанный в работах [19, 17]. Это небольшой водоем, длина которого не превышает 7—7,5 км, ширина — 3 км, а глубина — не более 1—2 м. На размытой поверхности понтических известняков здесь залегает пачка красно-бурых глин континентального происхождения мощностью в 35 м; глины лишены фаунистических остатков, имеют пролювиально-аллювиальное происхождение и, возможно, частично относятся к киммерийским плиоценовым отложениям. Над ними залегают серо-желтые и серые глины небольшой мощности, знаменующие переход к морским фациям; они содержат типичную морскую фауну — *Cardium edule*, *Neretina litorata*, *Lucina*, *Tapes*, *Strobienlaria*, *Rissoa*, *Hydrobia*. Стратиграфически выше расположены отложения двух фаций. В западной части формируется перешеек, сложенный терригенными породами с огромным количеством водорослей и морской травы, в восточной — развиты соли, переслаивающиеся с глинами. Над солями залегают двух-трехметровый пласт черного пластичного ила с редкими кристаллами соли и слабым запахом сероводорода. Этот ил представляет собой «лечебную грязь», которая прославил курорт Евпаторию и лиман Саки.

Содержание $S_{\text{орг}}$ в илах Сакского озера — 1,56 %, Сасык-Сиваша — 1,51 %, а Кызыл-Яра — 1,39 %, тогда как количество Fe_2O_3 соответственно равно 4,86, 6,49 и 4,48 % [53]. Количество железа в поровых растворах лечебных грязей в Сакском озере оценивается в 5,0 %, в Сасык-Сиваше — 9,06 %, а в Кызыл-Яре — в 9,56 % [37]. Очевидно, что и в этом случае отражается процесс восстановления и растворения двухвалентного железа, столь характерный для лиманных систем.

В западной части Азовского моря и в районе перешейка, отделяющего Крымский полуостров от материка, располагаются Сиваш и Перекопские озера, занимающие площадь около 7500 км² (рис. 10). Эта территория представляет собой сложную и запутанную систему озер, лиманов и лагун, расположенную между гг. Геническ, Перекоп и Джанкой и отделенную от Азовского моря огромной косой — пересыпью (Арабатская стрелка). Подробное ее описание приведено в работах И.В. Мушкетова, Е.Б. Бурксера, А.И. Дзенс-Литовского, Д.В. Наливкина, Н.М. Страхова, А.И. Прошвиной-Лазаренко и др.

В западной части этой системы водоемов развиты самосадочные озера — Старое, Красное, Айгук, Кияк, Кырк и др. Они имеют глубину 0,2—5,0 м, заполнены рапой, и дно их каждый год покрывается слоем соли. В восточных «сивашах», по словам Д.В. Наливкина, весной «...развиваются колоссальные количества нитчатых водорослей *Cladophora sivaschensis*. Тончайшие нити буквально переполняют воду, иногда препятствуя ловле рыбы. Зимой все водоросли отмирают, покрывая дно и берега сплошным слоем водорослевого войлока. Войлок начинает гнить, усиленно развиваются серные бактерии и происходит обильное выделение сероводорода. В некоторых лиманах образуется толстый слой маслянистого, вязкого и необычайно тонкого черного ила, в других — возникают соляные залежи, ранее эксплуатировавшиеся» [46, с. 345].

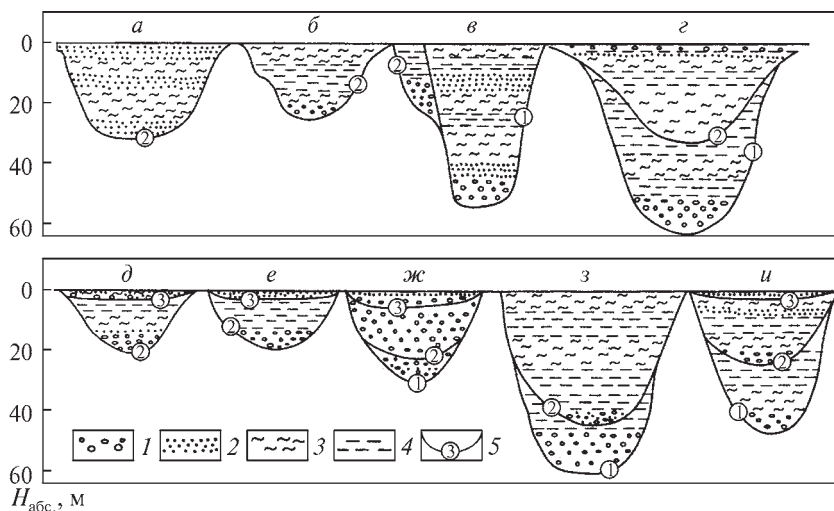


Рис. 11. Схематизированные разрезы устьевой частей долин и лиманов болгарского побережья Черного моря [55]: а — Шабленско-Езерецкий лиман; б, г—ж, и — устья рек Батовы, Камчий, Фандыклейской, Двойницы, Ахелой и Велеки; в — Варненское озеро; з — Бургасская низина. 1—4 — отложения: 1 — аллювиальные, 2 — озерные, 3 — лиманно-лагунные, 4 — морские; 5 — врезы (1 — докарангатский, 2 — послекарангатский, 3 — фанагорийский)

Вдоль северного берега Азовского моря от г. Генчешек и вплоть до г. Таганрог также известны многочисленные мелкие лиманы и заливы; среди них выделяются Молочный, Утлюкский, Миусский лиманы, вытянутые вдоль низовьев рек на десятки км.

В целом, Черноморское и Азовское побережья в настоящее время представляют собой область колоссального развития болот и лиманов, в которой благодаря накоплению растительного органического вещества железо периодически восстанавливается до наиболее миграционноспособной формы и интенсивно накапливается в водах.

Лиманы и лагуны Причерноморья имеют, по-видимому, достаточно древнее происхождение. Их геологический возраст можно установить, если попытаться реконструировать стратиграфическую принадлежность отложений, заполняющих врезы лиманов. Именно таким путем пытались решить эту задачу А.А. Свиточ и Т.И. Крысьев [55], исследовавшие историю развития рек и лиманов болгарского побережья Черного моря. Эти авторы изучили стратификацию отложений, заполняющих врезы рек и лиманов, выделили среди них аллювиальные, озерные, лиманно-лагунные и морские фации, установили периодичность в их распространении и наметили в истории развития рек и лиманов два или три цикла. Самый древний (докарангатский) цикл четко выделяется в Бургасском лимане (рис. 11з), а также в реках Камчин и Велеки (рис. 11г). По возрасту он соответствует концу плиоцена и началу раннего плейстоцена (чауда); именно в это время, по мнению авторов, были заложены многие речные артерии и лиманы Болгарии. Следует отметить, что отложения, которые подстилают речные и лиманные врезы, датируются неогеном. Авторы подчеркивают, что в эпоху заложения рек и лиманов господствовал влажный тропический климат, и по берегам опресненных лагун и речных пойм произрастали осоки, ежеголовники, рдестовые и рогозовые растения, а в заболоченных низинах — нисса и ива.

Несколько иная история заложения лиманов прослеживается в междуречье Днестра и Днепра. Здесь породами, подстилающими отложения лиманов, чаще всего являются неогеновые сарматские известняки [46]; в верховьях Бугского и Хаджибейского лиманов выполняющие их понтические известняки и красноцветы содержат обломки и глыбы железистых кварцитов, явно заимствованные из докембрийских железорудных отложений Кривого рога [57, 2, 42, 93, 82].

В пределах западного Крыма и Сиваша ложам лиманов часто являются понтические известняки нижнего плиоцена [17, 19].

В целом создается впечатление, что в этом регионе лиманы были заложены в эпохи, предшествующие киммерийскому времени, т.е. до образования керченских железных руд. К такому выводу пришли Д.В. Наливкин, М.В. Муратов, Е.Ф. Шнюков и ряд других выдающихся геологов.

Как бы то ни было, но фактический материал позволяет утверждать, что на низких, топких берегах киммерийского озера в условиях жаркого и дождливого субтропического климата существовало великое множество болот и лиманов. В них накапливалась масса органического вещества, восстанавливающего железо до двухвалентного миграционноспособного состояния, и синтезировались металлоорганические соединения, также растворимые в водах.

Таким образом, от приподнятого в рельефе Украинского кристаллического щита и вплоть до низких берегов киммерийского палеоводоёма на протяжении большого отрезка геологического времени шел процесс многократного перемещения и концентрации масс железа; важным звеном этого процесса являлись киммерийские болота и лиманы.

Большой интерес для реконструкции условий рудообразования в киммерийском палеоводоёме представляют перемещения его береговой полосы. Широкими палеогеографическими исследованиями Н.И. Андрусова, А.Д. Архангельского, А.Г. Эберзина, М.В. Муратова, Ю.Ю. Юрка, Е.Ф. Шнюкова и многих других украинских геологов было показано, что в предшествующее рудообразованию время, в понте произошла обширная регрессия киммерийского водоёма; в северном Причерноморье (район Мелитополя, Чонгара, Скадовска, в низовьях Днепра и на др. участках) обнаженные понтические отложения подвергались интенсивной эрозии.

В киммерийское время воды озера-моря трансгрессировали на север. В пределах Керченского полуострова рудоносные пласты прослеживаются в глубоких эрозионно-тектонических ложбинах и залегают с глубоким размывом на понтических и даже майкопских толщах. Несогласное налегание киммерийских отложений на подстилающие толщи и продвижение к северу береговой линии было отмечено в районах Степного Крыма и Присивашья, на северном побережье Азовского моря (Геническ—Мелитополь), в пределах Кубанской впадины, в низовьях Днепра.

Можно предположить, что киммерийской трансгрессией были захвачены и затоплены многие территории болотно-лиманной полосы Причерноморья. Преграды-насыпи, отделявшие от озера болотно-лиманные фации, оказывались размытыми, и железистые пресные воды резервуаров-концентраторов начали интенсивно смешиваться со слабосоленой водой моря-озера. С этими процессами смешения лиманно-болотных и опресненных морских вод хорошо гармонируют наблюдения Н.И. Андрусова [2], который показал, что в киммерийских

рудных отложениях присутствуют две группы конхилиофауны — солоновато-водных дрейсенид и кардид (*Congeria subcarinata*, *Congeria buplicata*, *Dreissensia ras-triformis*, *Dreissensia aperta* и др.) и пресноводных унианид и гастропод (*Melanopsis aff. bergeroni Sabba*, *Viviparus dezmaniana Brus.*, *Planorbis orchovavacensis Pabl.* и др.). Эти же явления подтверждаются частыми находками в киммерийских рудах обломков и целых стволов деревьев, замещенных баритом, фосфатами железа или хлоритом [2, 31, 59, 91], а также включениями вивианита — типичного индикатора болотных процессов. С этими же артефактами согласуется широкое распространение диагенетического сидерита, который, как было показано нами в предыдущих сообщениях, чаще всего формируется при развитии металлоорганических форм миграции и концентрации железа [71, 72].

Большую роль в развитии киммерийского железорудного процесса, по-видимому, сыграл геохимический контраст речных, болотных и болотно-лиманских вод, с одной стороны, и морских вод озера-моря — с другой. Их смешивание при развитии трансгрессии рождало флокуляцию коллоидов, образование сложных полиминеральных систем и формирование оолитовых железорудных осадков. Механизм этого процесса подробно описан в одной из предыдущих статей [73].

В случае киммерийского палеоводоема немаловажным обстоятельством является сильная опресненность его вод; по данным Н.И. Андрусова, А.Г. Эберзина, М.Ф. Носовского, В.Н. Семеновича, Е.Ф. Шнюкова и др., фауна этого времени однозначно указывает на близость этого водоема современному Каспийскому морю.

Общеизвестно, что соленость вод Каспия колеблется в пределах 12,6—12,9 ‰, что существенно уступает солености Черного моря (18—22,6 ‰) или вод Мирового океана (35 ‰). Возникает вопрос, как такое опреснение могло отразиться на флокуляции железа и образовании сложных оолитов. Ответом на него могут служить эксперименты Е.Шолковича [95] и В.В. Гордеева [12, 13], которые показали, что флокуляция железа активно протекает уже в начальную стадию смещения вод, при солености 0—5 ‰.

Следовательно, в нашем случае при взаимодействии речной и болотной воды, с одной стороны (0—5 ‰), и воды киммерийского озера-моря, с другой (12—15 ‰), процесс коагуляции коллоидов мог реализоваться в полную силу. Дополнительный импульс ему придавали окислительно-восстановительные процессы и наличие кислотного барьера на рубеже суша—озеро. Часть железа, находящаяся в форме металлоорганических соединений (гуматное железо), не осаждалась в зоне смешения вод и на геохимических барьерах прибрежной полосы, мигрировала в более глубокие части озера-моря, обогащала их осадки и, трансформируясь в диагенетических процессах, образовывала сидериты.

В целом, подводя итоги рассмотрения механизма седиментационной стадии киммерийского железорудного процесса, можно представить его себе как явление многократно возобновляющейся миграции железа, направленной от приподнятых частей Украинского кристаллического щита к низменным берегам киммерийского озера-моря. Миграция была растянута во времени и многократно сменялась концентрацией металла. Она началась в процессах юрско-мелового выветривания докембрийских железистых кварцитов и железоносных пород, продолжилась в ходе киммерийского континентального почвообразования и формирования красноземов, усилилась в результате концентрации железа в болотах и лиманах прибрежной полосы и завершилась в результате трансгрессии

киммерийского моря, затопления болотно-лиманной зоны и захоронения мобилизованных масс железа и др. металлов в различных частях киммерийского палеоводоема.

Как было показано ранее [59, 91, 67, 72, 73], распределение металла на дне киммерийского моря-озера определялось наличием впадин-ловушек и гидродинамической активностью вод; во всех случаях скопления железных руд контролируются конседиментационными впадинами.

Распространение железных руд в пределах Азово-Черноморской впадины и перспективы поисков новых киммерийских железорудных скоплений

В настоящее время северное побережье Черного и Азовского морей можно представить себе как две гигантские полудуги, обращенные выпуклостью к северу и разделенные Крымским полуостровом; общая протяженность их приблизительно равна 15 тыс. км. Береговая линия прорезана дельтами и эстуариями пяти крупных рек — Дуная с притоками Прут и Серет, Днестра, Днепра с притоками Буг и Ингулец, Дона и Кубани. Их междуречья осложнены большим количеством малых рек, озер и лиманов.

Если эту общую картину питающей провинции интерполировать на киммерийский палеоводоем с его железорудными проявлениями, то обращает на себя внимание несоответствие размеров водосборных площадей и развития железных руд.

Действительно, киммерийская железорудная провинция, как это было показано в первой части работы, занимает только отдельные части Керченского и Таманского полуостровов, прослеживаясь в виде прерывистой полосы на 500 км в длину.

Даже если признать большую роль разбавляющего руду терригенного материала, особенно сильно проявляющуюся при увеличении мощностей киммерийских толщ, отрицательное значение последующей эрозии и относительную редкость впадин-ловушек, концентрирующих оруденение, неизбежно появится мысль о необходимости поисков киммерийских железных руд на прилегающих к бассейну территориях.

Следует отметить, что контуры киммерийского железорудного бассейна в последние годы стали расширяться; по материалам бурения на шельфах Азовского и Черного морей, а местами и в их более глубоководных частях, признаки железорудных проявлений обнаружены во многих прилегающих районах (данные Н.Н. Тращука, Е.Т. Малеванного, И.Я. Яцко, В.В. Шаркова, З.Н. Гурьевой, В.Е. Захарова, В.М. Аленкина, А.Я. Глебова, П.И. Науменко, В.А. Кутния, Ю.В. Соболевского, В.Н. Буряка, В.Н. Подоплелова, В.Г. Федорова и др. украинских геологов, обобщенные Е.Ф. Шнюковым [82, 85]).

Прежде чем рассматривать их по существу, следует отметить, что среди Керченско-Таманских железорудных проявлений часто выделяются:

1. Железорудные месторождения — объекты, на которых подсчитаны запасы и в пределах которых руды добываются или добывались в промышленных количествах. К этой категории относится месторождение Камыш-Бурун, включающее Камыш-Бурунскую и Эльтиген-Ортельскую мульды, ныне полностью выработанные;

2. Железные рудопоявления Кыз-Аульской (Яныш-Такыльской), Катырлезской, Северной и Акманайской синклиналей, запасы которых подсчитаны, но промышленное их использование в настоящее время признано нецелесообразным;

3. Железопоявления или скопления минералов железа, обогащающие киммерийские осадочные отложения и местами переходящие в рудные пласты и линзы, но не имеющие практического значения. К этой категории относятся различные типы железорудных скоплений, среди которых Е.Ф. Шнюков [84, 85] выделил залежи: 1) локализованные в брахисинклиналиях — мульдах Керченского полуострова; 2) на крутых склонах синклиналей Тамани, обрамления Кавказского антиклинария и северо-запада Керченского полуострова; 3) в грязевулканических структурах — вдавленных синклиналиях Керченского полуострова; 4) слабо наклоненных склонов Приазовского кристаллического массива, Причерноморской впадины (Приазовье, Херсонщина); 5) Индоло-Кубанской впадины и Присивашья; 6) залежи и рудопоявления речных долин предгорья Крыма.

Следует подчеркнуть, что в соответствии с этими новыми данными размеры Керченско-Таманского железорудного бассейна существенно увеличиваются; к нему присоединяются северное, южное и западное побережья Азовского моря, предгорье Крыма и западного Кавказа, украинское побережье Черного моря.

Еще значительно увеличатся размеры киммерийской железорудной провинции юга Украины и России, если учесть данные разведочного бурения, проведенного в последние годы на шельфах Черного и Азовского морей.

В районе Керченского пролива на шельфе Черного моря, южнее восточного окончания Керченского полуострова и Тамани, геофизические исследования Южморгеологии и бурение НИС «Геохимик» позволили установить подводное продолжение рудоносных структур в море.

По данным [84], на керченском шельфе намечается продолжение Каравкой рудоносной мульды, где гидрогеологическая скважина вскрыла 1,5-метровый пласт киммерийской коричневой руды. По аналогии с Китейским рудопоявлением оолитовые руды содержат 25,99—43,37 % железа, 0,21—0,44 % марганца, 0,41—0,96 % фосфора.

В пределах таманского шельфа, по данным [78], выделяется 70-километровая полоса, в пределах которой железные руды обнажаются на подводных куполах и поднятиях. Как показал Е.Ф. Шнюков [84], они представляют собой оолитовые и псевдооолитовые сидеритовые табачные разности, содержащие до 44 % железа. Прогнозные запасы руд на притаманском склоне В.В. Шарков оценивает в 5,6 млн т руды при мощности пласта в 2 м.

Аналогичная ситуация вырисовывается на южных берегах Азовского моря; в пределах Сивашского (Арабатского) и Казантипского заливов железорудные пласты Северного месторождения прослеживаются на шельфе. Как показал Е.Ф. Шнюков [83, 85], на северных крыльях Семеновской, Краснокутской и Каменской антиклиналей, осложняющих Северную мульду, и на западном продолжении Чегене-Салынской мульды железосодержащие пласты были вскрыты бурением с судна «Геохимик» и прослежены в глубь моря на 5—6 км. Содержание железа в них колеблется в пределах 24—42,8 %, причем преобладают сидеритизированные табачные разновидности оолитово-псевдооолитовых руд.

Довольно широкая полоса киммерийских рудоносных пород, местами уходящая в море, прослежена вдоль северного берега Азовского моря; она вытяну-

та от Мариуполя до Сиваша и занимает площадь около 6 тыс. км². Здесь, по данным Е.Ф. Шнюкова, пласты руд чередуются с пластами глины и песка, они наклонены от Приазовского массива в сторону моря и захватывают его прибрежную часть. В рудах развиты оолитовые и псевдооолитовые структуры, а в составе цемента преобладают хлорит и сидерит. Содержание железа достигает 30 %.

В западной части Азовского моря, в Присивашье, киммерийские железорудные отложения были известны давно; они описаны в работах Л.Ш. Давиташвили, А.И. Дзенс-Литовского, Б.П. Жижченко, В.П. Колесникова, Г.И. Молявко, А.Г. Эберзина, В.Ф. Малаховского, Е.Ф. Шнюкова, В.А. Арбузова и др. Залежи этого района распространены на площади от пос. Бранное Поле до Генического и от Джанкоя до Арабатской стрелки. Рудопроявления весьма сходны с залежами северного берега Азовского моря. Содержание железа колеблется от 3 до 35 %, повышено количество марганца; широко развит сидеритовый цемент.

В целом очевидно, что Азовское море, занимающее западную часть Индоло-Кубанской впадины, почти со всех сторон окружено полукольцом киммерийских рудосодержащих отложений. В связи с этим представляются вполне правомерными и логичными прогнозы Е.Ф. Шнюкова [83, 85], который отмечал перспективность поисково-разведочных работ в глубоководной части этого водоема, где, по его мнению, центральное тектоническое поднятие может контролировать распространение крупных железорудных скоплений.

Важным событием 80-х годов XX в. явилось открытие киммерийских железосодержащих отложений на украинском шельфе Черного моря [84, 85]; они существенно расширили представления о размерах Керченско-Таманской железорудной провинции на западе и позволили предполагать перспективность поисков железных руд в междуречье Дунай—Днепр.

В течение долгого времени западной границей распространения железорудных пород в Черном море считалась скважина 02 треста Днепргеология на Егорлыкском полуострове Крыма, вскрывшая сидеритоносные песчаники и ракушечники, описанные Н.Н. Тращуком [62]. Мощность киммерийских отложений здесь была определена в 7,10 м, причем в преобладающих табачных сидеритовых песчаниках и глинах встречались видимые пятна ожелезнения. Позднее, в районе южнее г. Очаков, западнее устья Днепровского лимана, на продолжении Тендровской косы, на шельфе, были пробурены и исследованы еще 7 скважин и осуществлено драгирование дна; результаты этих работ подробно описаны в [84, 85].

Было установлено, что здесь значительная часть железосодержащих киммерийских отложений размыта, но в останцах развиты табачные сидеритовые песчаники, нередко содержащие гидрогетитовые оолиты; в породах присутствует хлорит. Содержание железа колеблется от 8,6 до 14,54 %, оксида марганца — 0,27—0,81 %.

Хотя в мелководной части украинского шельфа Черного моря очень часто происходят более поздние размывы рудоносных киммерийских отложений и даже намечается фациальное выклинивание рудных толщ, можно думать, что эти тенденции носят частный, локальный характер.

Общая картина поступления в водоем и концентрации в киммерийских осадках железа была грандиозна. Об этом свидетельствует анализ материалов глубоководного бурения, проведенного в территориальных водах Турции, в районе Босфора. Здесь с судна «Гломар Челленджер» с полным отбором кернов

были пробурены две скважины — № 380 и 381 (DSDP); их подробное описание читатель может найти в Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project. 1975. V. XLII. P. 2. Исследование ассоциации диатомей и находки наннофоссилий *Braarudosphaera bigolovii* позволили определить стратиграфический интервал, соответствующий рудным киммерийским отложениям Азовского моря [94]. В этом интервале глины содержат до 45 % железа и получают широкое распространение линзы и даже пласты сидерита.

В целом очевидно, что обогащены железом были разнофациальные осадки киммерийского моря-озера; эта закономерность дает в руки ключ для поисков крупных рудных объектов в акваториях Черного и Азовского морей. Задача заключается в том, чтобы отыскать те участки, в пределах которых формировались крупные впадины-ловушки, а слабая гидродинамическая активность вод исключала процессы разбавления рудных концентратов терригенным и биогенно-терригенным материалом.

Заключение

Керченско-Таманский железорудный бассейн является типичным представителем большой группы осадочных морских оолитовых гетит-хлорит-сидеритовых месторождений. Он связан с морскими киммерийскими отложениями Причерноморья, занимает площадь 15—20 тыс. км² и представляет собой сочетание впадин-ловушек и более редких локальных тектонических поднятий, контролирующих распространение оруденения или железорудных проявлений.

Главным поставщиком железа в киммерийское море-озеро являлся Украинский кристаллический массив, где развиты габбро-анортозитовые интрузии и протерозойские железорудные кварциты. Формирование юрско-меловых кор выветривания сопровождалось здесь мощным перераспределением железа и накоплением его в виде титано-железистых россыпей и верхних элювиальных горизонтов типа «кирас».

Палеогеографическая обстановка Причерноморья в киммерийское время способствовала широкой миграции и концентрации железа. В низинах и впадинах, окружавших Дакийское озеро и Киммерийское море-озеро, господствовал влажный субтропический климат, который к северу на приподнятых равнинах Украинского щита сменялся контрастным климатом саванн, где сезоны дождей чередовались с жаркими засушливыми периодами и образовывались красноземные почвы, существенно обогащенные Fe₂O₃.

В прибрежной зоне киммерийских палеоводоемов произрастала субтропическая растительность и так же, как в настоящее время, формировались болота, лиманы и мелководные эвтрофные озера. Господствующая в них восстановительная среда благоприятствовала концентрации железа в воде и осадках и превращала эти прибрежные придатки водоемов в своеобразные аккумуляторы железа. Киммерийская трансгрессия озера-моря захватила значительную площадь северного Причерноморья и способствовала массовому поступлению железа в среднеплиоценовое море-озеро.

Здесь, как было показано нами ранее [73, 74], смешение вод разной солености и возникавшие при этом геохимические барьеры (восстановительно-окислительный, кислотно-щелочной) способствовали выпадению железа в осадок, образованию коллоидных коагулянтов и формированию железистых оолитов.

Огромная протяженность полосы болот, лиманов и озер в северном Причерноморье (более 15 тыс. км в настоящее время) и находки железорудных проявлений на украинском шельфе, на шельфе Азовского моря, в Керченском проливе, на шельфе Тамани и в приборосфорском районе существенно расширяют перспективы поисков крупных железорудных месторождений и позволяют полагать, что границы керченско-таманской железорудной провинции далеко не ограничиваются уже разведанными районами на суше.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 12-05-00246.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алмазов О.М., Майстренко Ю.Г., Дятловицька Н.Г. Гидрохімія Дніпровсько-Бузького лиману. Киев: Вид-во АН УССР, 1959. — 180 с.
2. Андрусов Н.И. Понтический ярус. Неоген. Полиоцен // Геология России. СПб: Изв. Геолкома, 1917. — Т. 4,2. — Вып. 2. — Ч. 2. — 41 с.
3. Андрусов Н.И. Плиоцен Южной России по современным исследованиям. Л.: Геокома, 1929. — 30 с.
4. Басс Ю.Б. Бокситы // Геология СССР. Т. 5. Ч. 3. М.: Госгеоліздат, 1963. — С. 122—152.
5. Басс Ю.Б. Кора выветривания кристаллического фундамента // Никопольский марганцевый бассейн. М.: Недра, 1964. — С. 15—28.
6. Басс Ю.Б., Борисенко С.Т., Кондрачук В.Ю., Эльянов М.Д. Древние коры выветривания Украины // Кора выветривания и связанные с ней полезные ископаемые: материалы IX Всес. литол. совещ. Киев: Наукова думка, 1975. — С. 4—35.
7. Бучинская Н.И. Древняя кора выветривания северо-западной части Украинского щита. Киев: Наукова думка, 1972. — 125 с.
8. Биркис А.П., Кашик Л.И. Анортозиты поздних этапов развития Восточно-Европейской платформы // Тр. Геол. ин-та АН СССР. Вып. 75. М.: Наука, 1984. — С. 148—188.
9. Вережагин Н.К. Млекопитающие Кавказа. М.: Изд-во АН СССР, 1959. — 230 с.
10. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. 1962. — № 12. — С. 42—68.
11. Геология шельфа УССР. Лиманы. Киев: Наукова думка, 1984. — 176 с.
12. Гордеев В.В. Речной сток в океан и черты его геохимии. М.: Наука, 1983. — 159 с.
13. Гордеев В.В. Система река-море и ее роль в геохимии океана / Автореф. дисс. ... доктора геол.-мин. наук. ИО РАН. 2009. — 36 с.
14. Дагелайский В.Б. Украинский щит // Докембрийская геология СССР. Ч. 1. Разд. 2. Л.: Недра, 1988. — С. 114—142.
15. Дзэнс-Литовский А.И. Геологический возраст донных солевых отложений минеральных озер // Природа. 1936. — № 12. — С. 3—28.
16. Дзэнс-Литовский А.И. Геологические условия Евпаторийской группы Крымских соляных озер // Водные богатства недр. — 1934. — № 5. — С. 178—196.
17. Дзэнс-Литовский А.И. Геология района Сакского озера // Саки — курорт. Киев: Курортиздат, 1935. — С. 31—94.
18. Дзэнс-Литовский А.И. Тарханкутский полуостров // Очерки по физиогеографии Крыма. Вып. 2. М.-Л.: Недра, 1938. — С. 5—68.
19. Дзэнс-Литовский А.И. Геология дна минеральных озер СССР // ДАН. 1945. № 6. С. 111—133.
20. Додатко А.Д. О закономерностях изменения физико-химических свойств породы при выветривании ультрабазитов среднего Приднестровья // ДАН СССР. Сер. геол. 1964. Т. 154. № 2. С. 68—71.
21. Додатко А.Д. О методах определения миграционной способности элементов в коре выветривания // Коры выветривания на территории УССР. Киев: Наукова думка, 1971. С. 67—78.
22. Егоров Е.Н. Общие физико-химические черты водоемов Таманского полуострова // Современные аналоги нефтеносных фаций. М.-Л.: ГОНТИ, 1950. С. 11—24.

23. *Заморий П.К.* Черновобурі глини півдня України // Тр. геогр. фак-та. Киевский гос. университет. 1953. — № 2. — С. 15—28.
24. *Зенкович В.П.* Дельта реки Дуная // Изв. Всесоюзного геог. общ-ва. 1943. — Т. LXXV. — Вып. 4. — С. 21—30.
25. *Зубков Л.Б., Патык-Кара Н.Г.* Мономинеральные титановые россыпные месторождения // Россыпные месторождения России и стран СНГ. М.: Научный мир, 1997. — С. 234—269.
26. *Иванов А.И.* Водоросли планктона как индикатор осолонения эвтрофирования солоноватых вод // Труды Советско-английского семинара. Л.: Гидрометеиздат, 1977. — С. 221—229.
27. *Кауричев И.С.* О формах железа в верховодке почв дерново-подзолистой зоны // Докл. ТСХА. 1957. — Вып. 31. — С. 219—223.
28. *Ковалев В.А.* Болотные минералого-геохимические процессы. Минск: Наука и техника, 1985. — 127 с.
29. *Коротков А.И., Ходина В.А.* К вопросу о формировании химического состава железистых вод // Зональность подземных вод платформ и горно-складчатых областей. Л.: Недра, 1981. — С. 166—169.
30. *Кузнецов С.И.* Микрофлора озер и ее геохимическая деятельность. Л.: Наука, 1970. — 440 с.
31. *Литвиненко А.У.* К минералогии биоморфоз в связи с генезисом железных руд Приазовского бассейна // Тр. Львовского гос. университета. Вопросы минерал. осадкообразования. Л.: 1956. Кн. 3—4. — С. 174—190.
32. *Литвиненко А.У.* Геология и генезис руд Приазовского железорудного бассейна : Труды совещ. по Керченской металлургии. Севастополь: Крымиздат, 1958. — С. 24—38.
33. *Литвиненко А.У., Немкова В.К.* К изучению остатков растительности в отложениях киммерийского яруса // Докл. АН СССР. Сер. геол. 1956. — Т. 107. — № 2. — С. 82—86.
34. *Лисицына Н.А.* Вынос химических элементов при выветривании основных пород // Тр. ГИН. Вып. 231. М.: Наука, 1973. — 225 с.
35. *Лычагин Г.А.* Ископаемые грязевые вулканы Керченского полуострова // Бюлл. МОИП. Сер. геол. 1952. — Т. 27. — Вып. 4. — С. 3—13.
36. *Мельничук В.Б.* Кора выветривания на серпентинитах северо-восточной части Украинского щита // Кора выветривания на территории УССР. Ч. 1. Киев: Наук. думка, 1971. — С. 213—222.
37. *Митропольский А.Ю., Моисеева Н.П.* О концентрировании микроэлементов из морской воды с помощью хелатных ионитов // Проблемы гидрогеол. и инж. грунтоведения. 1975. — Вып. 4. — С. 171—175.
38. *Михайлов Б.М.* К вопросу о роли растительного покрова при латеритном выветривании в горных районах Либерийского щита // ДАН СССР. Серия геол. 1964. Т. 154. № 4. С. 426—432.
39. *Михайлов Б.М.* Кора выветривания Либерийского щита // Геохимия осадочных пород и руд. М.: Наука, 1968. — С. 48—72.
40. *Молявко Г.И., Пидопличко П.Г.* До палеогеографії Причорноморських степів півдня УРСР у неогені й антропогені // Геол. журн. 1955. — № 1. — С. 25—32.
41. *Мошкин В.Н., Дагелайский И.Н.* Габбро-анортозитовый комплекс Украинского кристаллического массива // Анортозиты СССР. М.: Наука, 1974. — С. 42—48.
42. *Муратов М.В.* История Черноморского бассейна в связи с развитием окружающих его областей // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1951. — Т. XXVI. — С. 7—34.
43. *Муратов М.В.* Палеогеография киммерийского века среднего плиоцена в области Черноморско-Каспийского бассейна // Литология и полез. ископ. 1964. — № 4. — С. 3—20.
44. *Мчедlishvili П.А.* О возрасте годерзкой флоры в связи с нахождением пальм в киммерийских отложениях Западной Грузии // ДАН СССР. Сер. геол. 1949. — Т. 68. — № 5. — С. 521—526.
45. *Мчедlishvili П.А.* Еще раз о возрасте годерзкой флоры // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1954. — № 1. — С. 15—25.
46. *Наливкин Д.В.* Учение о фациях. Т. I—II. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1956. — С. 534, С. 393.
47. *Патык-Кара Н.Г., Зубков Л.Б., Быховский Л.З.* Комплексные редкометалльно-титановые россыпные месторождения // Россыпные месторождения России и стран СНГ. М.: Научный мир, — 1997. — С. 308—352.
48. *Перельман А.И.* Геохимия. М.: Высшая школа, 1979. — 423 с.

49. Погребной В.Т., Додатко А.Д., Хорошева Л.П., Эльянов М.Д. Некоторые данные о поведении микроэлементов в коре выветривания кристаллических пород Преднепровья и Приазовья // Кора выветривания на территории УССР. Ч.2. Киев: Наукова думка, 1971. — С. 44—59.
50. Полищук В.С., Замбриборц Ф.С., Тимченко В.М. и др. Лиманы Северного Причерноморья. Киев: Наукова думка, 1990. — 204 с.
51. Прокопов К.А. Усложнения в антиклиналях Керченского полуострова // Тр. ГРУ, 1931. — Вып. 38. — С. 37—83.
52. Ромм И.И. Геохимическая характеристика современных отложений Таманского полуострова // Современные аналоги нефтеносных фаций. М.-Л.: ГОНТИ, 1950. — С. 181—204.
53. Руди М.Д., Вайсфельд Д.Н. Лечебные грязи // Геология шельфа УССР. Твердые полезные ископаемые. Киев: Наук. думка, 1983. — С. 160—173.
54. Савицкий В.Н., Осадчий В.И., Ромась Н.И., Чеботько К.А. Химический состав и некоторые свойства донных отложений устьевой части Днепровско-Бугского лимана // Водные ресурсы. 1990. — №2. — С. 121—129.
55. Свиточ А.А., Крыстьев Т.И. Устья рек и лиманы Болгарии в плейстоцене // Водные ресурсы. 1995. — Т. 22. — № 5. — С. 528—534.
56. Семененко Н.П., Родионов С.П., Усенко И.С. и др. Стратиграфия докембрия Украинского кристаллического щита // Стратиграфия и корреляция докембрия. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1960. — С. 36—66.
57. Соколов Н.А. О неогеновых отложениях по нижнему Дону // Изв. Геолкома. 1891. — Т. 10. — № 2. — С. 52—68.
58. Старостин В.И. Металлогения. М.: Изд-во МГУ, 2012. — 559 с.
59. Страхов Н.М. Железорудные фации и их аналоги в истории Земли. Опыт историко-географического анализа процесса осадкообразования // Тр. ИГН АН СССР. Геол. серия. 1947. — Вып. 73. — № 22. — С. 267 с.
60. Страхов Н.М. Общая схема осадкообразования в современных морях и озерах малой минерализации // Образование осадков в современных водоемах. М.: Изд-во АН СССР, 1954. — С. 275—377.
61. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. Т. 1—2. М.: Изд-во АН СССР, 1962. — С. 212, С. 574.
62. Трацук Н.Н. Морські плейстоценові відклади Причорномор'я Української РСР. Київ: Наук. думка, 1974. — 148 с.
63. Усенко В.П., Орловский Г.Н. Физико-географическая характеристика // Геология Азовского моря. Киев: Наук. думка, 1974. — С. 12—20.
64. Федоров А.А. История высокогорной флоры Кавказа в четвертичное время как пример автохтонного развития третичной флористической основы // Мат-лы по четвертичному периоду СССР. Вып. 3. М.: Изд-во АН СССР, 1952. — С. 16—48.
65. Федорович Б.А. О пестрых рухляках Крыма // ДАН СССР. Сер. геол. 1928. — № 2. — С. 18—23.
66. Хаин В.Е. Региональная геотектоника. Внеальпийская Европа и Западная Азия. М.: Недра, 1977. — 358 с.
67. Холодов В.Н. Ванадий (геохимия, минералогия и генетические типы в осадочных породах. М.: Наука, 1968. — 245 с.
68. Холодов В.Н. Осадочный рудогенез и металлогения ванадия // Тр. ГИН АН СССР. М.: Наука, 1973. — Вып. 251. — 292 с.
69. Холодов В.Н. Проблемы возникновения эпох фосфоритообразования в истории Земли // Геология рудных месторождений. 2002. — Т. 44. — № 5. — С. 371—385.
70. Холодов В.Н. Геохимия осадочного процесса М.: ГЕОС, 2006. — 608 с.
71. Холодов В.Н., Бутузова Г.Ю. Проблемы сидеритообразования и железорудные эпохи. Сообщение 1. Типы сидеритосодержания железорудных месторождений // Литология и полез. ископ. 2004 а. — № 5. — С. 451—475.
72. Холодов В.Н., Бутузова Г.Ю. Проблемы сидеритообразования и железорудные эпохи. Сообщение 2. Общие вопросы фанерозойского железорудного процесса // Литология и полез. ископ. 2004 б. — № 6. — С. 563—584.
73. Холодов В.Н., Недумов Р.И., Голубовская Е.В. Фациальные типы осадочных железорудных месторождений и их геохимические особенности. Сообщение 1. Фациальные группы осадочных руд, их литология и генезис // Литология и полез. ископ. 2012. — № 6. — С. 503—531.

74. Холодов В.Н., Недумов Р.И., Голубовская Е.В. Фациальные типы осадочных железорудных месторождений и их геохимические особенности. Сообщение 2. Проблемы геохимии фанерозойских железных руд // Литология и полез. ископ. 2013. — № 1. — С. 17—53.
75. Цымбал С.Н., Полканов Ю.А. Минералогия титано-цирконовых россыпей Украины. Киев: Наукова думка, 1975. — 247 с.
76. Чухров Ф.В. К минералогии фитоморфоз и ископаемых костей // Тр. ИГН АН СССР. Минерал.-геол. серия. 1940. — Вып. 10. — № 2. — 320 с.
77. Шалыт Е.С., Рябчун В.К. Минералого-петрографическая характеристика бокситовых пород Смелянского месторождения // Коры выветривания на территории УССР. Ч. 2. Киев: Наук. думка, 1971. — С. 89—102.
78. Шарков В.В. Изучение аэрометодами выходов железной руды на подводном склоне Черного моря к югу от Таманского полуострова // Тр. Лаб. аэрометодов АН СССР, 1960. — № 10. — С.10—14.
79. Шварцев С.Л. Гидрогеологические особенности Гвинеи // Изв. вузов. Геология и разведка. 1971. — № 8. — С. 10—21.
80. Шварцев С.Л. Латериты Гвинеи и геохимические условия их образования // Коры выветривания. М.: Наука, 1976. — Вып. 15. — С. 51—71.
81. Шилькрот Г.С. Устья рек и лиманы как буферная зона для потока веществ с суши в Черное море // Изв. РАН. Сер. геол. 1994. — № 2. — С. 100—111.
82. Шнюков Е.Ф. Генезис железных руд Азово-Черноморской провинции. Киев: Наукова думка, 1965. — 195 с.
83. Шнюков Е.Ф. Основные итоги исследований // Геология Азовского моря. Киев: Наук. думка, 1974. — С. 236—239.
84. Шнюков Е.Ф. Основные типы залежей акватории Черного моря. Неогеновые железные руды // Геология шельфа УССР. Твердые полезные ископаемые. Киев: Наукова думка, 1983. — С. 100—110.
85. Шнюков Е.Ф. Неогеновые осадочные железные руды в акватории Азово-Черноморского бассейна // Минеральные богатства Черного моря. Киев: Изд-во НАН Украины, 2004. — С. 179—184.
86. Шнюков Е.Ф., Науменко П.И. Марганцево-железные руды Керченского бассейна. Симферополь: Крымиздат, 1961. — 179 с.
87. Шнюков Е.Ф., Науменко П.И. Киммерийские железные руды вдавненных синклиналей Керченского полуострова. Симферополь: Крымиздат, 1964. — 126 с.
88. Шнюков Е.Ф., Соболевский Ю.В., Гнатенко Г.И. и др. Вулканы Керченско-Таманской области. Атлас // Киев: Наукова думка, 1986. — 150 с.
89. Шербак Н.П. Петрология и геохронология докембрия западной части Украинского щита. Киев: Наукова думка, 1975. — 270 с.
90. Эльянов М.Д., Додатко А.Д. Обзор изученности юры выветривания кристаллических пород Украинского щита // Коры выветривания на территории УССР. Ч. 1. Киев: Наукова думка, 1971. — С. 23—43.
91. Юрк Ю.Ю., Шнюков Е.Ф., Лебедев Ю.С., Кириченко О.Н. Минералогия железорудной формации Керченского бассейна. Симферополь: Крымиздат, 1960. — 447 с.
92. Юрк Ю.Ю., Лебедев Ю.С., Кириченко О.Н. Рудоносность Азово-Черноморского киммерийского бассейна // Тр. Ин-та минер. ресурсов. Симферополь, 1970. — 238 с.
93. Яцко И.Я. Опыт реконструкции гидрографической сети позднечетвертичного времени в северо-западной части Черного моря // Тр. Ин-та океанологии. 1962. — С. 70—78.
94. Rodionova E., Golovina L. Presumable Messinian deposits in the Black Sea Bas. Sites 380A, 381DSDP, and Zheleznyi Rog Section of Taman peninsula : Climate changes Rioevents and Geochronology in the Atlantic and Mediterranean over the last 23 Myr Salamanca 21—23 Sept. 2011. 2011. — P. 201—202.
95. Sholkovitz E.R., Boyle E.A., Price N.B. The removal of dissolved humic acids and iron during estuarine mixing // Earth and Planetary Sci. Lett. 1978. — V. 40. — № 1. — P. 130—146.
96. Zitzmann A. The iron ore economic situation in Europe // The iron ore deposits of Europe and adjacent areas. Hannover, 1977. — P. 69—78.

Статья поступила 03.06.2014

В.М. Холодов, О.В. Голубовська, Р.І. Недумов

**КИММЕРІЙСЬКА ЗАЛІЗОРУДНА ПРОВІНЦІЯ ПРИЧОРНОМОР'Я,
УМОВИ ЇЇ ФОРМУВАННЯ Й ПЕРСПЕКТИВИ**

Розглянуто особливості геологічної будови, палеогеографія й механізм формування керченських киммерійських руд. Описано багатостадійність залізорудного процесу, участь у ньому докембрійських кварцитових залізних руд і кір вивітрювання Українського кристалічного щита, перевідкладення заліза в червоноколірних ґрунтах і накопичення його в прибережних лиманах і болотах. Підтверджується перспективність пошуків залізних руд на широких площах прилеглих територій.

Ключові слова: залізні руди, осадові родовища, кори вивітрювання, лимани.

V.N. Holodov, E.V. Golubovskaya, R.I. Nedumov

**CIMMERIAN IRON-ORE PROVINCE OF THE BLACK SEA REGION,
CONDITIONS OF ITS FORMATION AND DEVELOPMENT PROSPECT**

It is described the peculiarities of the geological structure, paleogeography and mechanism of formation of the Kerch Cimmerian ores, the multistage iron ore process, participation of Precambrian ferriferous quartzites and weathering crusts of the Ukrainian crystalline shield, redeposition of iron in the red soils and its accumulation in the coastal estuaries and swamps. It is confirmed to be the future of searches of iron ores on wide areas adjacent territories.

Keywords: iron ores, sedimentary deposits, weathering crusts, estuaries.