

<https://doi.org/10.15407/gpimo2019.02.067>

**Е.Ф. Шнюков<sup>1</sup>, В.В. Скворцов<sup>1</sup>, В.В. Пермяков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Центр проблем морской геологии, геоэкологии и осадочного рудообразования  
НАН Украины

<sup>2</sup> Институт геологических наук НАН Украины

## **К МИНЕРАЛОГИИ ТЕМНЫХ ПЕСКОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ АЗОВСКОГО МОРЯ**

---

*Изучены морфологические и геохимические свойства ряда минералов — терригенных компонентов темных песков северо-западного побережья Азовского моря с использованием электронно-зондового анализа на примере ильменит-цирконовой россыпи в районе г. Приморск. Установлено значительное морфологическое и геохимическое разнообразие отдельных минеральных видов, обусловленное особенностями их генезиса и геохимической истории. Обнаружены и исследованы некоторые редкие минералы, которые ранее не были известны в этом регионе, а также ряд антропогенных кристаллических веществ. Полученные данные являются основой для дифференцированной оценки источников и путей поступления терригенного материала в различные области побережья Азовского моря.*

**Ключевые слова:** минералогия, темные пески, ильменит-цирконовые россыпи, Азовское море, электронно-зондовый анализ.

Интерес к темным пескам северо-западного побережья Азовского моря (известным также как ильменит-цирконовые, ильменит-циркон-монацитовые, титан-циркониевые россыпи) проявился с 20-х годов минувшего столетия. В результате исследований П.И. Чирвинского, а затем П.Г. Пантелеева, К.Н. Савич-Заблоцкого, А.И. Сулоева и др., к концу 40-х годов сложились общие представления о строении, распространенности и минеральном составе отложений прибрежных пляжей. П.И. Чирвинский [17] определил в их составе до 15 минералов, из которых около 50 % составляют кварц и полевые шпаты, а наиболее характерными являются ставролит, дистен, силлиманит, магнетит и титаномагнетит. Условия залегания и минералогический состав россыпей, расположенных также к востоку от г. Мариуполь, описаны П.Г. Пантелеевым [11].

Минералогический состав россыпей изучен К.Н. Савич-Заблоцким [13] на нескольких участках, находящихся между г. Мариу-

© Е.Ф. ШНЮКОВ, В.В. СКВОРЦОВ, В.В. ПЕРМЯКОВ, 2019

поль и Ногайской (ныне Обиточной) косой. Исследователем определены и изучены под микроскопом 17 минералов, в том числе анатаз, бадделеит, циркон, ильменит, титанит магнетит, дистен, ставролит, альмандин, ортит, монацит и др. На основании минералогического состава отложений, регионального геологического и палеогеографического анализа автор делает вывод, что источниками поступления «тяжелых минералов» в береговые отложения Азовского моря являются Приазовский массив и выносы рек с востока. В конце 1930-х годов А.И. Сулоев [16] поднял вопрос о возможности использования россыпей (между косами Бердянской и Обиточной) в качестве источника цирконового и ильменитового сырья.

Изучение темных песков северо-западного побережья Азовского моря получило дальнейшее развитие в конце 40-х годов. Л.И. Карякиным [8] детально изучен минералогический состав песков между косами Бердянской и Обиточной. В составе песков морфологически и оптически охарактеризованы ильменит, магнетит, роговая обманка, гранат, кварц, полевые шпаты, карбонаты, ставролит, силлиманит, дистен, рутил, турмалин и некоторые другие минералы. Исследователь отмечает однородность минералогического состава на изученной части побережья при значительной изменчивости содержаний минералов тяжелой фракции. Исследователь указывает, в частности, на то, что железорудные минералы на западе представлены ильменитом и магнетитом, тогда как на востоке — магнетитом и титаномагнетитом. Источником «тяжелых минералов», полагает автор, являются как кристаллические образования Приазовского массива, так и осадочные, преимущественно палеогеновые породы. Касаясь природы Азовских кос, исследователь считает образование последних следствием взаимодействия вдольбереговых морских течений с течениями от берегов при впадении рек.

Изучению минералогии и механизма формирования россыпей посвящен ряд работ Н.В. Логвиненко, И.Н. Ремизова, М.Г. Бергера [10], Ф.А. Щербакова [21], А.А. Аксенова [1] и других исследователей. На основании анализа данных и минералогическом составе прибрежных отложений и результатов теоретических и экспериментальных исследований гидродинамики береговой линии рассмотрены особенности литогенеза в береговой зоне Азовского моря, обусловленные наличием такого мощного источника береговой аккумуляции как ракуша. Пространственная изменчивость соотношений тонко сортированных терригенных наносов, измельченного в разной степени детрита и цельной ракуши приводит к сложной и весьма непостоянной структуре осадка, в частности, распределения тяжелых минералов. Сделан вывод, что распределение рудных минералов связано с вдольбереговыми течениями, однако основной процесс сортировки материала подчиняется закономерностям его поперечного перемещения.

Можно считать, что к настоящему времени сложились достаточно полные общие представления о темных песках северо-западного побережья Азовского моря. Однако вопросы их минералогии разработаны в недостаточной мере. В работах В.Т. Кардаша и др. [7], Ю.Ю. Юрка и др. [22], О.Г. Сиденко и др. [14], Г.Л. Кравченко, И.И. Сахацкого [9], Е.Ф. Шнюкова [19] и других авторов приводятся данные о находках и распространенности видимого и тонкого золота и алмазов в отложениях Азовского моря. Но сведений о наличии в россыпях других минералов, которые являются относительно редкими для этих геологических образований, крайне мало.



Рис. 1. Побережье Азовского моря в районе г. Приморськ. Отмечено место проведения исследования

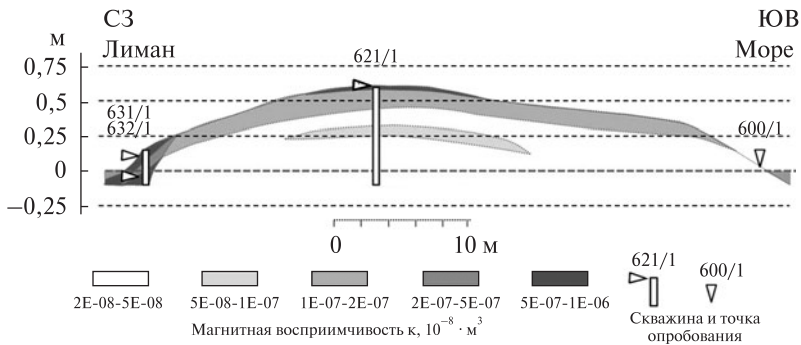


Рис. 2. Магнитометрический разрез пересыпи

Настоящая статья посвящена особенностям некоторых минералов — как распространенных, так и относительно редких, в отложениях одного из районов побережья Бердянского залива Азовского моря — вблизи г. Приморськ. Этот район, расположенный в области распространения Бердянской гранат-ильменит-амфиболовой подпровинции Северо-Приазовской терригенно-минералогической провинции [6], является одним из наиболее интересных для исследований. Здесь прибрежные отложения образуют пересыпь, простирающуюся в северо-восточном направлении, протяженностью около 5 км при ширине до 70 м (рис. 1). Образованный пересыпью лиман имеет ширину до 700 м; коренной берег лимана крут, часто обрывист, высотой местами более 10 м, сложен большей частью делювиальными суглинками.

Отложения пересыпи рассматриваются как одна из ильменит-цирконовых россыпей данного района. Слоистая толща пересыпи сложена преимущественно детритовыми отложениями разной крупности. Слои с существенными концентрациями терригенных компонентов в разрезе толщи играют резко подчиненную роль и локализованы в приповерхностной части разреза. Распределение терригенных компонентов по разрезу пересыпи, в частности, железистых мине-

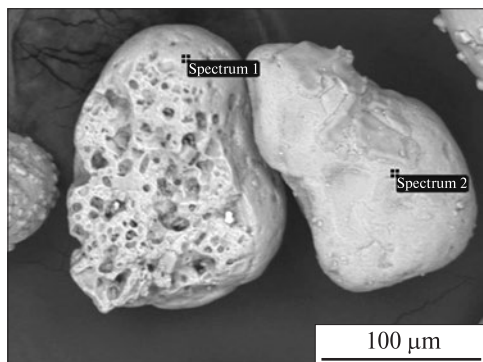


Рис. 3. Ильменит

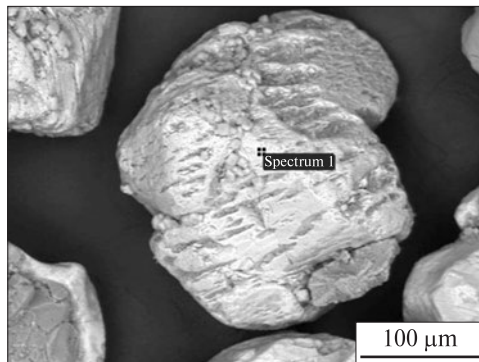


Рис. 4. Ильменит

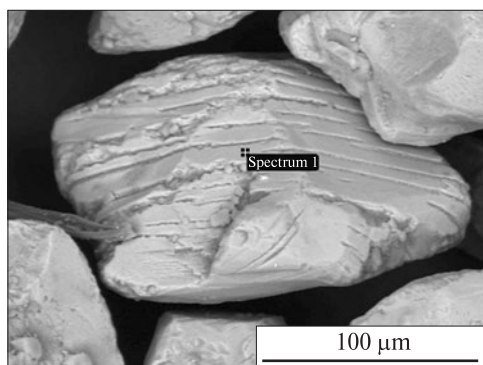


Рис. 5. Ильменит



Рис. 6. Гематит в ильмените: изображение аншлифа [12]

ралов, представляющих тяжелые фракции осадков, находит четкое отражение в вариациях значений магнитной восприимчивости проб (рис. 2). Наибольшими концентрациями терригенных компонентов и, соответственно, россыпеобразующих минералов отличаются отложения береговой полосы лимана. Терригенные минералы всюду находятся, в основном, в мелких гранулометрических фракциях — не крупнее 0,2 мм.

Исследования проводились с использованием сканирующего электронного микроскопа SEM JSM— 6490 LV с интегрированной системой электронно-зондового анализа INCA Energy+, что дало возможность не только с определенной достоверностью диагностировать многие малые, ранее пропускавшиеся объекты, но и уточнить представления о химизме слагающих россыпи минералов.

Главным рудным минералом россыпей северо-запада Азовского моря является ильменит. Содержания его колеблются в широких пределах, но он всегда присутствует в россыпях. Облик индивидов ильменита разнообразен. Очень часто это однородные окатанные зерна размерами первых сотен микрон (рис. 3—5), иногда в сростках с другими минералами. В большинстве индивидов ильменита фиксируется до 2 % марганца.

Большинству зерен ильменита в большей или меньшей степени присущи явления избирательного разрушения минерала, вследствие которых поверхность индивидов обычно имеет ямчатый облик (рис. 3, объект слева). Во многих

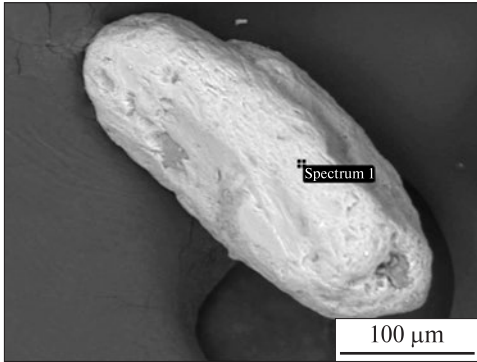


Рис. 7. Рутил

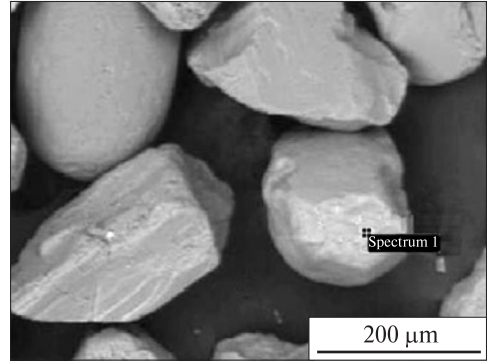


Рис. 8. Титанит

случаях процесс разрушения проникает на значительную глубину, и образующиеся многочисленные пустоты приобретают неправильно линзовидную форму (рис. 4). Довольно часто разрушение минерала происходит интенсивно по определенным направлениям, и тогда образующиеся пустоты, объединяясь, образуют четко выраженные линейные текстуры, пересекающие индивиды ильменита целиком (рис. 5).

Наблюдаемые явления разрушения зерен ильменита имеют вполне однозначное объяснение. По результатам минералогических исследований многих геологических объектов, подкрепленным экспериментальными данными (П. Рамдор (1962),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{FeTiO}_3$  при температурах выше  $600^\circ\text{C}$  изоморфно смесимы в любых соотношениях. При понижении температуры происходит разрыв смесимости, что приводит к обособлению гематита. Одним из результатов распада, хорошо видимым в аншлифах, является возникновение в ильмените обособлений гематита, структуры которых (рис. 6) напоминают наблюдаемые нами в электронно-микроскопических препаратах.

Далее, в условиях эпигенеза — под воздействием гидротермальных растворов, а затем гипергенеза — в процессах дезинтеграции и выветривания материнской породы, мотогенеза и собственно формирования россыпи, гематит ильменитовых зерен подвергается выщелачиванию. Результатом этого является более или менее выраженное закономерное расположение пустот на индивидах ильменита.

Одновременно сам ильменит подвергается другому эпигенетическому процессу — лейкоксенизации, т. е. разложению с окислением закисного железа до гидроксидов железа и высвобождением двуокиси титана в виде рутила или брукита. Лейкоксен — микрокристаллический агрегат оксидов титана и гидроксидов железа, охватывает зерна ильменита частично или, часто, полностью.

Отсюда очень сложный химический состав изучаемых зерен ильменита. Эталонные образцы ильменита, по А.Г. Бетехтину [4], содержат 36,8 % железа и 31,6 % титана, но в реальности соотношение содержаний этих элементов изменяется в очень широких пределах. Небезынтересно, что железистые ильмениты преобладают в общем количестве зерен ильменита в изученной россыпи. Наличие марганца в содержаниях 1–2,5 % (в одном случае 7 %) фиксируется в трети изученных объектов. Присутствие магния в составе изученных индивидов ильменита в ряде случаев составляет до 1,5 %.



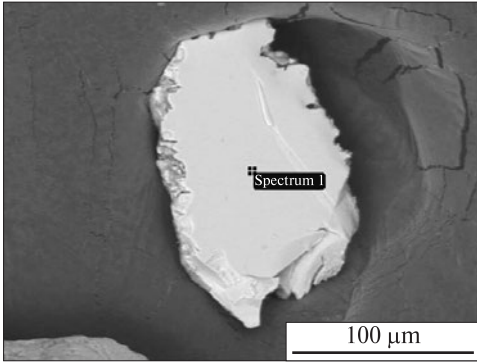


Рис. 9. Магнетит

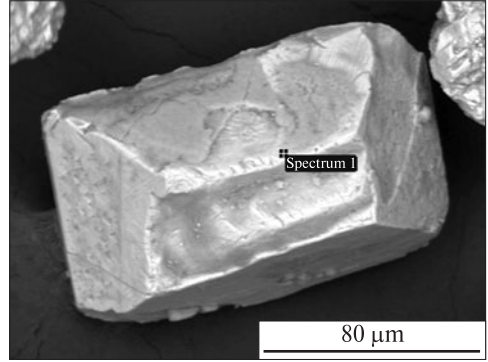


Рис. 10. Гематит (мартит)

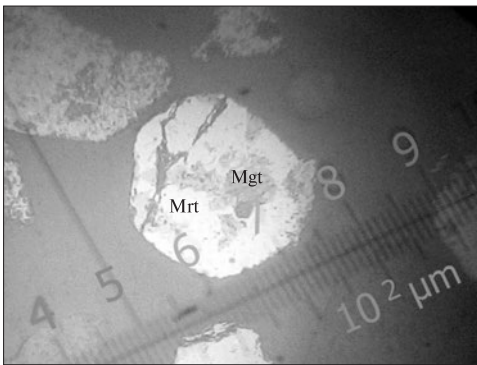


Рис. 11. Зерно мартита (Mrt) с реликтами неокисленного магнетита (Mgt). Аншлиф, фото

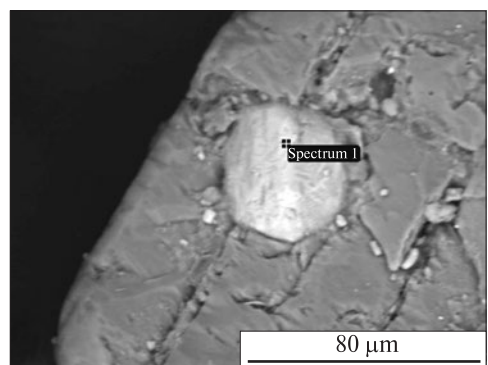


Рис. 12. Мартит по Ti-содержащему магнетиту: включение в роговой обманке

Рутил в обособленных индивидах встречается в россыпи в относительно крупных — до 0,5 мм удлиненно-призматических кристаллах с окатанными головками. Состав рутила — в большинстве чистый  $\text{TiO}_2$ , без каких-либо примесей (рис. 7).

Находки титанита в изученной россыпи единичны. Едва окатанные зерна этого минерала, имеющие характерный псевдокубический облик, достигают размера 0,2 мм (рис. 8).

Из минералов железа наиболее распространенным в россыпи является магнетит или, часто, титаномагнетит. Свежие, неизмененные образцы магнетита встречаются редко (рис. 9). Как правило, магнетит частично или полностью окислен до гематита, который образует псевдоморфозы по магнетиту — мартит (рис. 10, 11). Попадались мелкие — до 40 микрон, кристаллы, вкрапленные в более крупных минеральных индивидах, в частности в роговой обманке (рис. 12).

Некоторые индивиды магнетита (мартита) содержат до нескольких процентов титана, что обусловлено наличием в них некоторого количества частиц ильменита. При высоких температурах титаномагнетит существует в виде твердого раствора ульвешпинели в магнетите. В условиях охлаждения материнских пород обычно происходит распад твердого раствора с выпадением ульвешпинели с последующим ее окислением до ильменита; лишь в быстро остывших на поверхности базальтах титаномагнетит часто не обнаруживают явлений распада [3].

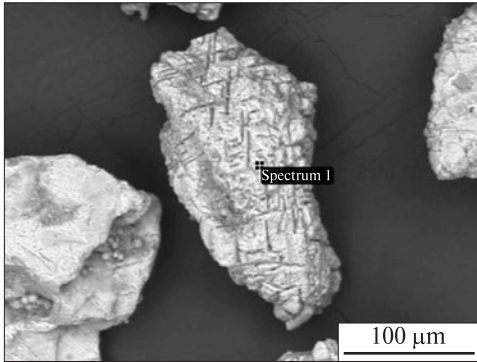


Рис. 13. Мартит с решетчатой текстурой выщелачивания

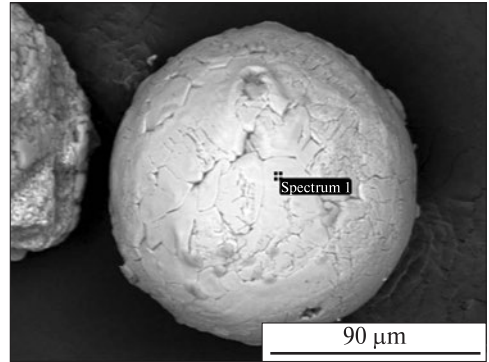


Рис. 14. Окатанная друза мартита

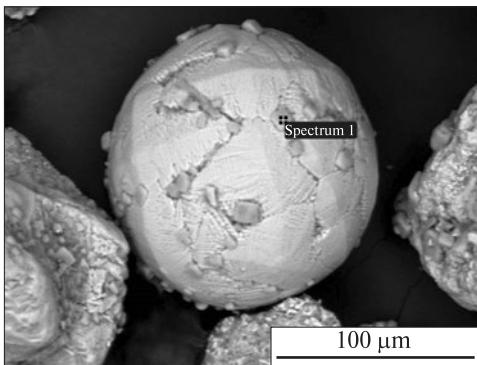


Рис. 15. Окатанная друза мартита с включениями галита

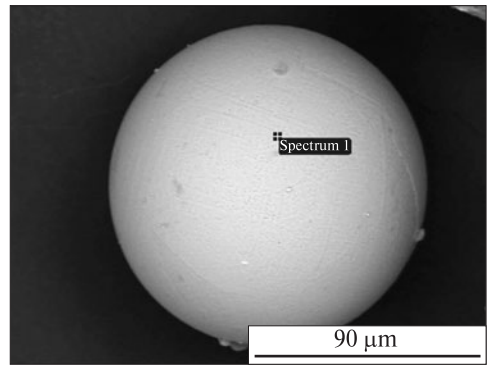


Рис. 16. Гематитовая (мартитовая) сферула

В многообразии индивидов мартита выделяется группа зерен с четко проявленной на их поверхности решетчатой текстурой выщелачивания (рис. 13). По-видимому, выщелачивание гематита происходило в условиях интенсивного воздействия гидротермальных растворов [12]. В наблюдаемой текстуре, вероятно, унаследован мотив упорядоченного взаиморасположения кристаллов магнетита, интерстиции между которыми были наиболее доступными для циркуляции растворов.

Своеобразными находками в россыпи явились мелкие окатанные друзы кристаллов магнетитового облика, в которых более или менее явно просматриваются фрагменты кристаллов (рис. 14, 15). Размеры друз — порядка 100 микрон. Магнетит полностью мартитизирован. Их природное происхождение подчеркивается несколько сложным химическим составом, в частности, наличием алюминия, кремния, марганца. В одной из таких окатанных друз между кристаллами окисленного магнетита обнаружены мелкие кубики галита (рис. 15).

Наряду с окатанными друзами магнетита/мартита в россыпи найдены совершенно иные сферичные объекты — железистые сферулы, представляющие собой округлые или слегка асимметричные полые шарики размером до 200 микрон (рис. 16). Химический состав оболочки соответствует гематиту с идеальным стереохимическим соотношением компонентов. Они являются сугубо антропогенными образованиями — вероятно, продуктами окисления (мартитизации)

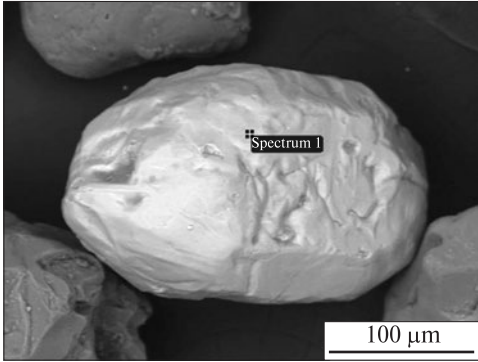


Рис. 17. Циркон

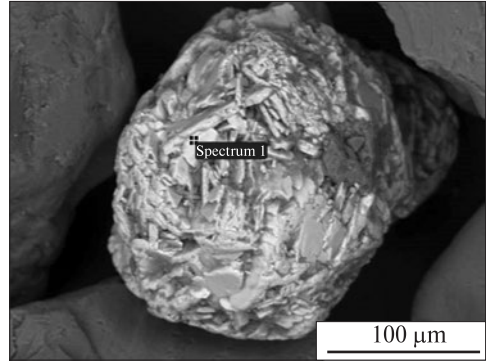


Рис. 18. Барит

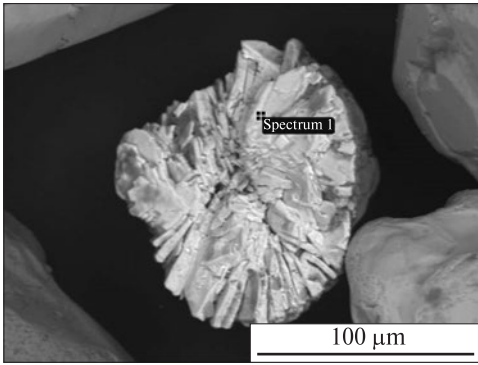


Рис. 19. Барит стронцийсодержащий

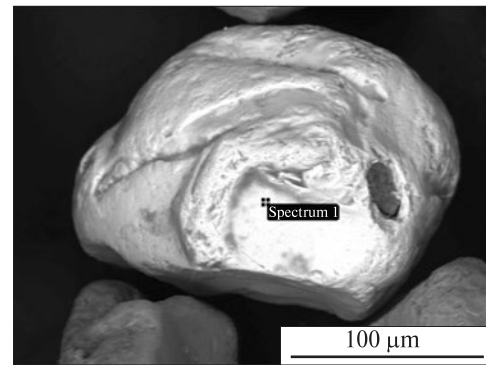


Рис. 20. Монацит

частиц магнетитового состава, содержащихся в газовой-дымовых выбросах металлургических производств.

Одним из характерных минералов россыпей северо-западного побережья Азовского моря является циркон. Его полуокатанные удлиненные кристаллики, чаще всего комбинации призмы и бипирамиды размерами в доли миллиметра, встречаются в россыпи повсеместно. Количественные соотношения компонентов — как кремния к кислороду, так и циркония к ним, весьма непостоянны. Вместе с тем, примечательно почти полное отсутствие каких-либо примесей (рис. 17).

Также распространенным минералом россыпей северо-западного побережья Азовского моря является барит. Он представлен двумя разновидностями — одна из них вовсе лишена примесей, а другой свойственны существенные содержания стронция (рис. 18, 19). Иные примеси в барите, как правило, отсутствуют, лишь в нескольких случаях зафиксированы небольшие количества железа — до 2,07 %, кальция — 0,77 %, кобальта — 5,27 %. Характером выделений они не различаются. Индивиды барита обычно представляют собой сростки пластинчато-призматических кристаллов размерами 10—20, редко до 50 микрон. Иногда он присутствует в сплошных скоплениях или лапчатых образованиях. Наблюдались явные новообразования барита в виде звездчатых лучистых агрегатов размерами до 60 микрон на более крупных зернах других минералов.



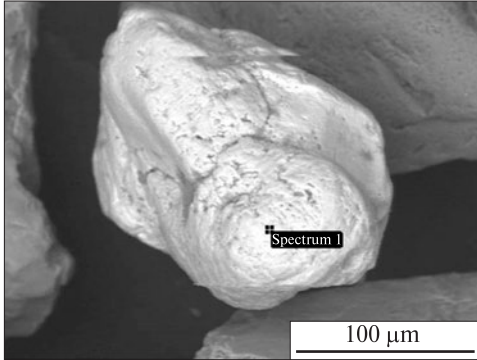


Рис. 21. Ксенотим

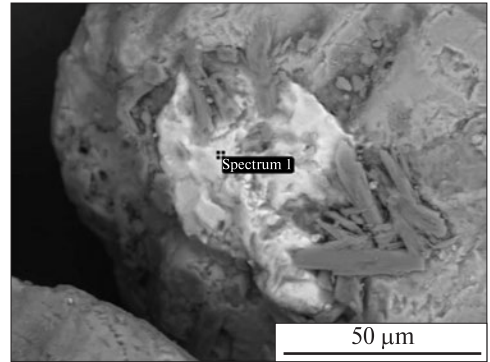


Рис. 22. Ксенотим иридийсодержащий

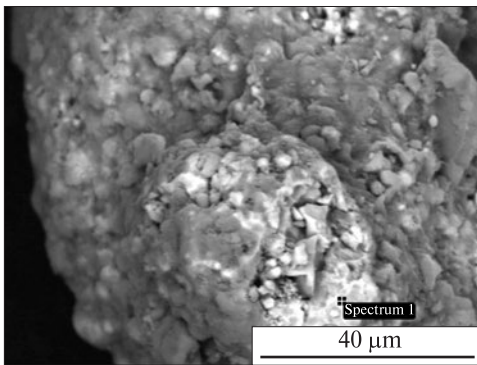


Рис. 23. Пирротин

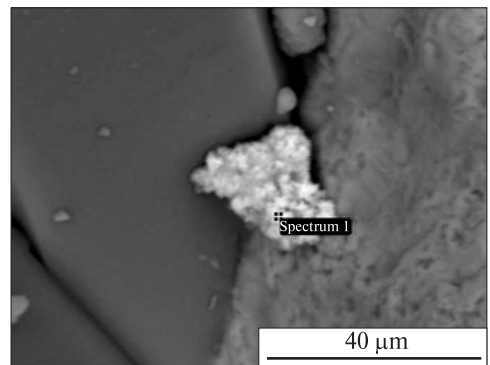


Рис. 24. Ковеллин

Наиболее распространен из фосфатов в изученной россыпи монацит, но довольно часто встречаются апатит и ксенотим. Монацит являет собой округлые окатанные зерна размерами до 200—300 микрон (рис. 20). Следует отметить, что в изученных индивидах монацита изученной россыпи неизменно присутствуют церий, лантан, неодим и, как правило, отсутствует торий. В качестве примесей в некоторых индивидах зафиксировано присутствие кальция и серебра.

Апатит представлен исключительно фторапатитом в отдельных окатанных зернах размерами до 200—300 микрон. Ксенотим присутствует в зернах, представляющих хорошо окатанные сростки кристаллов, размерами около 200 микрон. Встреченные индивиды ксенотима существенно различаются по составу. Встречаются зерна со значительными содержаниями редкоземельных элементов — диспрозия, иттербия и других (рис. 21). Обнаружен также ксенотим, содержащий 17,24 % иридия и 0,99 % кобальта при содержании иттрия 36,6 % (рис. 22).

В исследованной россыпи обнаружен ряд редких и необычных объектов, которые относятся к разным минералогическим классам. Из сульфидов в россыпи со стороны лимана обнаружены пирротин (рис. 23) и ковеллин (рис. 24). В литературе упоминаются находки мелких шарообразных образований пирита [5]. Вообще сульфиды пользуются в россыпях ограниченным распространением, поскольку для окислительной среды россыпей сульфиды не характерны.

Из хлоридов, кроме упомянутого выше галита, встречен котуннит в виде выцветов или чешуек с рваными краями размером до 20 микрон (рис. 25).

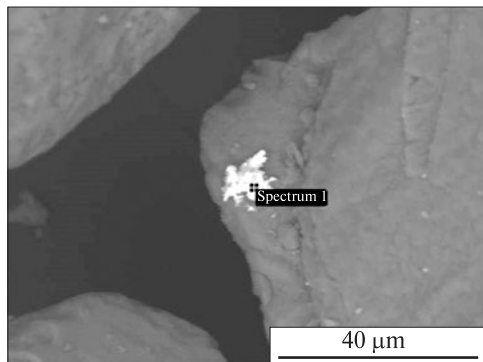


Рис. 25. Котуннит

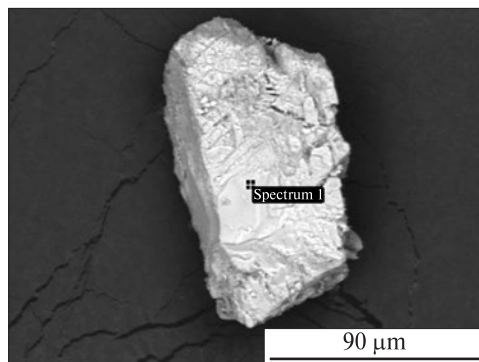


Рис. 26. Вюстит

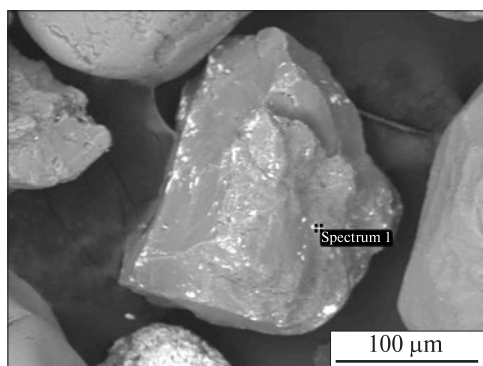


Рис. 27. Глет

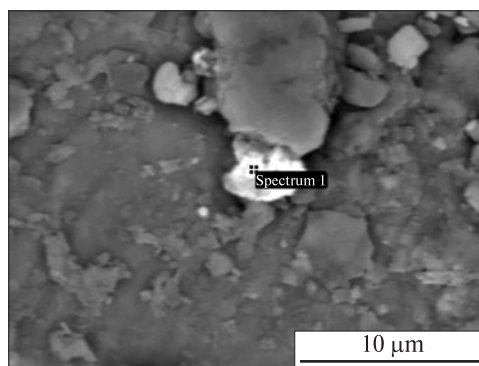


Рис. 28. Тенорит

Интересной находкой в изученной россыпи явился вюстит (рис. 26), который очень редок в природе, образуется в резко восстановительных условиях, встречается в метеоритах и известен, в основном, как искусственная фаза [20]. Антропогенное происхождение вюстита, как и группы простых металлических веществ — железа, цинка, никеля, кадмия, латуни, установленных в этой же россыпи [15], не вызывает сомнений; такие компоненты достаточно распространены в речных отложениях индустриальной агломерации Кривбасса [2].

Также интересен объект, который по составу идентифицирован как глет — литаргит, либо массикот, являющиеся структурными модификациями окиси свинца. Он обнаружен в виде небольших пятнышек (примазок) размерами до 10 микрон на поверхности угловатого зерна кварца (рис. 27). Обе структурные модификации окиси свинца встречаются в зоне окисления рудных месторождений; вместе с тем, принимая во внимание идеальное стехиометрическое соотношение компонентов и отсутствие примесей в данном объекте, следует допускать вероятность его техногенного происхождения. Еще один простой окисел — тенорит — объект уплощенной формы размером до 5 микрон (рис. 28), без примесей, с идеальным соотношением компонентов. Тенорит в природе редок и встречается в зонах окисления меднорудных месторождений. Однако, для него, как и для глета, нельзя исключать вероятность антропогенного происхождения.

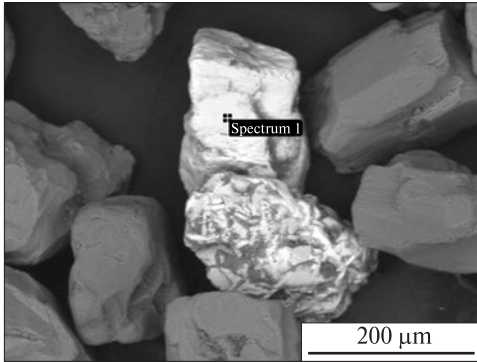


Рис. 29. Моссит

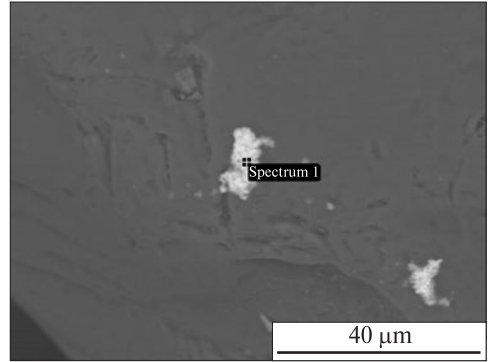


Рис. 30. Аламосит

Обнаружены два относительно сложных по составу минерала, уверенно диагностировать которые оказалось затруднительно. Один из них, по-видимому, моссит (рис. 29). В нем установлено наличие примесей — титана 3,98 %, скандия 1,94 % и кальция 0,53 %. Другой — предположительно, силикат свинца, вероятно алмаозит (рис. 30), представленный несколькими одинаковыми объектами с высокими содержаниями свинца и кремнезема, что и послужило основанием для этого предположения. Вместе с тем, постоянное присутствие в них других рудных элементов — железа, цинка, меди, олова, с одной стороны, и приуроченность их к крупному зерну кварца — с другой стороны, позволяет допускать, что все эти элементы, в том числе и свинец, находятся в окисной форме и являются включениями в кварце. К сожалению, размеры этих объектов слишком малы, что не позволяет их диагностировать однозначно.

Изложенные данные свидетельствуют о многообразии минералогического состава темных песков северо-западного побережья Азовского моря — не только по количеству минеральных видов, но и по их морфологическому и геохимическому разнообразию. Последнее свойственно как распространенным, так и редким для темных песков минералам. Приводим обобщенную характеристику качественного минералогического состава терригенной составляющей темных песков побережья Бердянского залива в районе г. Приморск (таблица), составленную на основании сведений, содержащихся в работах исследователей, упоминавшихся во вводной части настоящей статьи. В таблице также учтены новейшие данные о составе россыпей в районе г. Приморска, с которыми любезно ознакомил нас В.В. Иванченко.

Заметим, что ранжирование минералов в данной таблице на основные, второстепенные и редкие весьма условно. Общее количество установленных минералов в составе россыпей района исследований достигает 60. Несомненно, этот перечень не исчерпывает минерального многообразия отложений данного района и, тем более — северо-западного побережья Азовского моря в целом.

В результате исследования детализированы морфологические и геохимические особенности ряда распространенных и редких минералов россыпей северо-западного побережья Азовского моря. Установлено несколько ранее неизвестных здесь минералов — моссит, алмаозит, глет (литаргит или массикот), тенорит, котуннит, ковеллин, халькантит. Отметим также обнаружение ксенотима с необычно высоким содержанием иридия.

**Качественный минералогический состав терригенной составляющей темных песков побережья Бердянского залива (район г. Приморск)**

Минералы	Основ-ные	Вто-росте-пен-ные	Ред-кие	Гипер-ген-ные	Минералы	Основ-ные	Вто-росте-пен-ные	Ред-кие	Гипер-ген-ные
Силикаты					Фосфаты				
Циркон	■				Монацит		■		
Оливин	■				Ксенотим			■	
Топаз			■		Апатит		■		
Кианит	■				Окислы				
Андалузит			■		Вюстит			■	
Силлиманит	■				Глет			■	■
Ставролит	■				Тенорит			■	■
Альмандин	■				Гематит				
Пироп			■		Ильменит	■	■		
Титанит			■		Лейкоксен	■			
Цоизит			■		Магнетит		■		
Эпидот	■				Хромшпинелиды		■		
Алланит (Ортит)			■		Рутил		■		
Кордиерит			■		Брукит			■	
Турмалин			■		Анатаз			■	
Диопсид	■				Бадделеит			■	
Авгит			■		Моссит			■	
Эгирин	■				Кварц	■			
Энстатит-	■				Гетит			■	■
Гиперстен					Гидрогетит			■	■
Актинолит			■		Хлориды				
Роговая обманка		■			Галит			■	■
Гастингсит		■			Котуннит			■	■
Арфведсонит	■				Сульфиды				
Аламоцит			■		Халькозин			■	■
Мусковит			■		Пирротин			■	
Хлориты			■		Ковеллин			■	■
Глауконит			■		Пирит			■	■
Калинаровые	■				Простые вещества				
Полевые шпаты					Графит			■	
Плагиоклазы	■				Железо			■	
Карбонаты					Цинк			■	
Кальцит	■			■	Никель			■	
Сульфаты					Кадмий			■	
Барит	■				Латунь			■	
Гипс			■	■					
Халькантит			■	■					

В морфологических особенностях и химическом составе минералов россыпей проявлено воздействие различных процессов, имевших место на разных этапах их геохимической истории — от их образования в материнских породах до превращений в зоне гипергенеза. С наибольшей полнотой это наблюдается в основных рудных минералах — ильмените и титаномагнетите: распад изоморфной

смеси на ильменит и гематит; лейкоксенизация ильменита; мартитизация магнетита и выщелачивание гематита с образованием линейно-упорядоченных систем пустот. С процессами зоны гипергенеза в областях питания, а также морского литогенеза, очевидно, следует связывать образование таких обнаруженных в россыпи минералов, как ковеллин, пирит, галит, котуннит, тенорит, гетит, гидрогетит, кальцит, барит (частично), гипс, халькантит. Очевидно присутствие антропогенных компонентов в составе темных песков; к их числу, прежде всего, следует отнести вюстит и ряд простых металлических веществ. Не исключен антропогенный характер и некоторых других компонентов темных песков.

Морфологические и геохимические особенности минеральных видов являются важными типоморфными критериями дифференцированной оценки породных комплексов Украинского щита как источников поступления материала в разные области аккумуляции россыпей азовского побережья, а также пространственного прогнозирования россыпей, освоение которых было бы целесообразным по геолого-экономическим и экологическим критериям. Учитывая известную общую пространственную изменчивость вещественного состава россыпей и, в частности, значительную изменчивость состава рудных минералов в россыпях вдоль северо-западного побережья Азовского моря, исследования, подобные проведенным, требуют дальнейшего развития.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов А.А. О рудном процессе в верхней зоне шельфа. Москва: Наука, 1972. 158 с.
2. Альохіна Т.М. Магнітні властивості донних осадків як критерій оцінки техногенного впливу на гідроекосистеми. *Питання біоіндикації та екології*. 2017. Вип. 22. № 1. С. 110—127.
3. Бетехтин А.Г. Минералогия. Москва: Государственное издательство геологической литературы, 1950. 956 с.
4. Бетехтин А.Г. Курс минералогии. Москва: КДУ, 2007. 720 с. URL: [http://geo.web.ru/~ujin/books/Betehtin\\_2008.pdf](http://geo.web.ru/~ujin/books/Betehtin_2008.pdf)
5. Геология Азовского моря / Е.Ф. Шнюков, Г.Н. Орловский, В.П. Усенко, А.В. Григорьев, В.А. Гордиевич. Киев: Наук. думка, 1974. 247 с.
6. Иноземцев Ю.И. Литолого-минералогические особенности прибрежно-морских осадков Азовского моря. Киев, 1974. 56 с. (Препр. ИГФМ).
7. Кардаш В.Т., Лебедь Н.И., Яценко Ю.Г. Золотоносность донных осадков Азовского моря. *Мінеральні ресурси України*. 1966. № 3. С. 10—11.
8. Карякин Л.И. Минералогический состав песков побережья Азовского моря между косами Бердянской и Обиточной. *Мінерал. сборн. Львовського геологического общества*. 1948. № 2. С. 161—174.
9. Кравченко Г.Л., Сахацкий И.И. Особливості видимого і тонкого золота Приазов'я. *Доповіді АН УРСР*. 1986. Сер. Б. № 1. С.13—17.
10. Логвиненко Н.В., Ремизов И.Н., Бергер М.Г. Некоторые особенности накопления и терригенно-минералогическое районирование современных отложений береговой зоны Азовского моря. *Докл. АН СССР*. 1964. 159, № 3. С. 568—571.
11. Пантелеев П.Г. Ильменитовые пески Приазовья. *Геол. журн. Академии наук УССР*. 1935. Вып. 3. № 1. С. 132—138.
12. Рамдор П. Рудные минералы и их сростания. Москва: Изд-во иностр. лит., 1962. 1132 с.
13. Савич-Заблоцкий К.Н. Ильменітові піски з північного узбережжя Азовського моря. *Учені записки Харківського державного університету*. 1937. Кн. 10. С. 173—181.
14. Сиденко О.Г., Полканов В.А., Яловенко И.П. Алмазы и минералы титана в прибрежных осадках северной части Черного и Азовского морей. Литолого-геохимические условия формирования донных отложений. Киев: Наук. думка, 1976. С. 142—147.



15. Скворцов В.В., Пермяков В.В. Простые металлические вещества в ильменит-цирконовых россыпях северо-западного побережья Азовского моря. *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана*. 2018. 14, № 4. С. 57—62.
16. Сулоев А.И. Россыпь Белосарайской косы как возможный источник получения цирконового и ильменитового сырья. *Советская геология*. 1938. № 8—9. С. 132—138.
17. Чирвинский П.И. Петрографические исследования темных песков северо-западного побережья Азовского моря. *Записки Российского минерал. общества*. 1925. Ч. 54, № 1. С. 65—82.
18. Шнюков Е.Ф., Иноземцев Ю.И. Источники сноса и абсолютный возраст терригенных минералов современных прибрежно-морских осадков Азовского моря. *Литология и полезные ископаемые*. 1975. № 1. С.120—124.
19. Шнюков Е.Ф. О золотоносности донных отложений Черного и Азовского морей *Минерал. журнал*. 1997. Т.9. № 5. С. 46—54.
20. Штрюбель Г., Циммер З. *Минералогический словарь*. Пер. с нем. Москва: Недра, 1987. 494 с.
21. Щербаков Ф.А. Особенности литологии и строения прибрежных отложений северной части Азовского моря. *Литология и полезные ископаемые*. 1966. № 2. С. 105—115.
22. Юрк Ю.Ю., Кашкаров И.Ф., Полканов Ю.А. *Алмазы песчаных отложений*. Киев: Наук. думка, 1973. 106 с.

Статья поступила 11.01.2019

Е.Ф. Шнюков, В.В. Скворцов, В.В. Пермяков

#### ДО МІНЕРАЛОГІЇ ТЕМНИХ ПІСКІВ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПОБЕРЕЖЖЯ АЗОВСЬКОГО МОРЯ

Вивчено морфологічні й геохімічні властивості низки мінералів — терригенних компонентів темних пісків північно-західного побережжя Азовського моря, з використанням електронно-зондового аналізу, на прикладі ільменіт-цирконового розсипу в районі м. Приморськ. Встановлена значна морфологічна і геохімічна різноманітність окремих мінеральних видів, обумовлена особливостями їх генезису і геохімічної історії. Виявлено і досліджено деякі рідкісні мінерали, що раніше не були відомі в цьому регіоні, а також низку антропогенних кристалічних речовин. Отримані дані є основою для диференційованої оцінки джерел і шляхів надходження терригенного матеріалу в різні області побережжя Азовського моря.

**Ключові слова:** мінералогія, темні піски, ільменіт-цирконові розсипи, Азовське море, електронно-зондовий аналіз.

Ye.F. Shniukov, V.V. Skvortsov, V.V. Permyakov

#### TO MINERALOGY OF DARK SANDS OF NORTH-WESTERN COAST OF THE AZOV SEA

Morphological and geochemical properties of row of minerals — terrigenous components of dark sands of north-western coast of Sea of Azov are studied with the use of electronic-probe analysis on the example of ilmenite-zircon mineral deposit in the Primorsk district. The considerable morphological and geochemical variety of separate mineral kinds, conditioned by features of their genesis and geochemical history, is set. Some rare minerals which before were not known in this region and row of crystalline anthropogenic matters are found out and investigated. Findings are basis for the differentiated estimation of sources and ways of receipt of terrigenous material to the different areas of coast of Azov sea.

**Keywords:** mineralogy, dark sands, ilmenite-zircon mineral deposits, Azov sea, electronic-probe analysis.