

Н. М. Чернышов,  
А. А. Шарков,  
С. П. Молотков

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕРХНЕОЛИГОЦЕНОВЫХ УРАНОВО-РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ ОРГАНОГЕННО-ФОСФАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МАНГЫШЛАКА И ВЕРХНЕДЕВОНСКОГО ОДНОТИПНОГО ОРУДЕНЕНИЯ В КРОВЛЕ МИХАЙЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КМА

*В статье приведены новые данные по органогенно-фосфатному ураново-редкометалльному оруденению в верхнедевонских отложениях в кровле Михайловского железорудного месторождения КМА в сравнении с известными однотипными верхнеолигоценовыми уран-редкометалльными месторождениями Мангышлака.*

*Рассмотрены особенности строения и распределения редких и благородных металлов в органогенно-фосфатных рудных образованиях разного возраста.*

*Анализ металлоносных ископаемых верхнеолигоценовых и верхнедевонских костных остатков ихтиофауны показал, что между ними существует большое сходство по составу и содержанию основных рудных компонентов, а также по условиям образования пластовых скоплений костного детрита рыб.*

*Район Воронежской антеклизы, где установлено ураново-редкометалльное оруденение органогенно-фосфатного типа, рассматривается как перспективный на выявление месторождений, имеющих промышленное значение.*

UDK 551.781.5:553.495(574.1)+551.263:553.31(471.323)

N. M. Chernyshov,  
A. A. Sharkov,  
S. P. Molotkov

## COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE UPPER-OLIGOCENIAN U-TR ORGANOGENIC PHOSPHATE DEPOSITS OF MANGYSHLAK WITH UPPER-DEVONIAN ORES OF THE SAME TYPE IN THE ROOF OF MIKHAILOVSKOYE DEPOSIT.

*The article presents new data on the organogenic phosphate, uranium-rare-metal mineralization in the Upper Devonian sediments in the top of the Mikhailovsky iron ore deposit of the KMA, compared with the known Upper Oligocene uranium-rare-metal deposits of Mangyshlak of the same type.*

*Peculiarities of the structure and distribution of rare and noble metals in organogenic phosphate ore formations of different ages are studied.*

*Analysis of metal-bearing fossils of the Upper Oligocene and Upper Devonian bony remains of fish fauna showed that between them there is great similarity in composition and content of the main ore components, as well as in the conditions of formation of stratified clusters of bone detritus of fish.*

*The area of Voronezh Anteclise, where uranium-rare metal mineralization of organogenic phosphate type was established, is regarded as promising for the identification of the deposits with commercial value.*

В середине прошлого столетия ученые ВИМСа и геологи Кольцовской экспедиции открыли уникальные по своей природе ураново-редкометалльные месторождения органогенно-фосфатного типа на

Мангышлаке в Казахстане и в Ергенинском районе Калмыкии, которые до настоящего времени были известны исключительно в одной формации Земли-майкопской, олигоцен-миоценового возраста.

Эти грандиозные скопления ураноносных фоссилизованных костных остатков ихтиофауны представляют в целом крупную своеобразную эпоху позднеолигоценового вулканогенно-осадочного ураново-редкометалльного рудообразования [Парков, 2008].

Все исследователи, занимавшиеся изучением этих экзотических месторождений на протяжении нескольких десятилетий [Шалахов и др., 1967, Коченов и др., 1970, Столяров и др., 1991, Шарков, 1967, 2008], были убеждены, что подобных природных образований в недрах Земли больше не существует.

Тем не менее, в начале нового столетия (2000 – 2003 гг), при проведении исследований золото-платиноносности железистых кварцитов Михайловского месторождения КМА впервые было обнаружено в отложениях верхнего девона ураново-редкометалльное оруденение органогенно-фосфатного типа [Чернышов и др., 2003, 2004].

Для выяснения перспектив возможного обнаружения промышленных скоплений металлоносных ископаемых костных остатков ихтиофауны в отложениях верхнего девона, в настоящее время авторами проведен сравнительный анализ верхнеолигоценовых рудных залежей костного детрита рыб из наиболее изученного месторождения Мелового на Мангышлаке и верхнедевонских пластовых скоплений металлоносных костных остатков панцирных рыб из оруденения, выявленного в кровле Михайловского железорудного месторождения.

Перед тем как перейти к анализу фактических данных приведем общие сведения о районах исследований и кратко рассмотрим их геологическое строение.

### Мангышлакский рудный район

По своему географическому положению полуостров Мангышлак представляет обособленную территорию на восточном берегу Каспийского моря, где в его степной части, в пределах огромной бессточной впадины Карагие (рис. 1) были установлены все ураново-редкометалльные месторождения (5 объектов), из которых наиболее крупные: Меловое и Томакское находились в эксплуатации [Шарков, 2008].

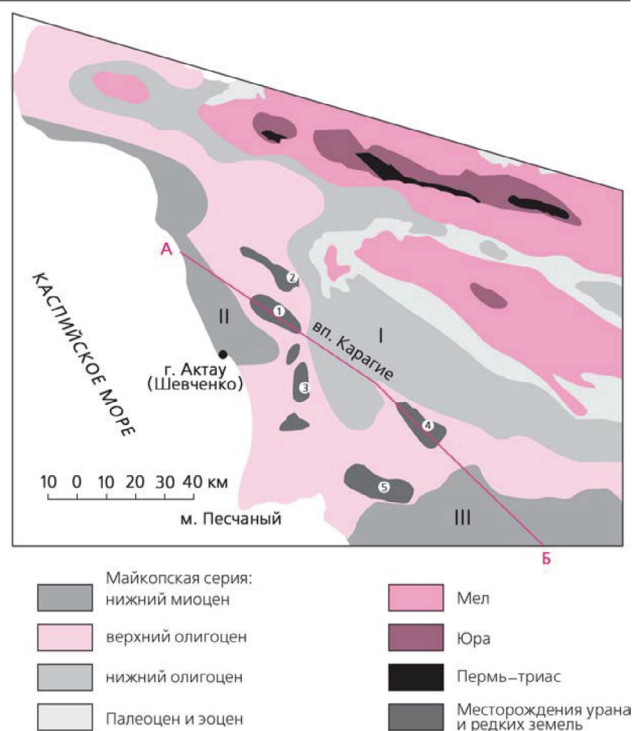


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Мангышлака (со снятыми неоген-четвертичным чехлом).

1 – 3 майкопская серия: 1 – нижний миоцен, 2 – верхний олигоцен, 3 – нижний олигоцен; 4 – палеоцен и эоцен нерасчлененные; 5 – мел нерасчлененный; 6 – юра нерасчлененная; 7 – пермо-триас нерасчлененный; 8 – органогенно-фосфатные месторождения урана и редких земель: 1 – Меловое, 2 – Томак, 3 – Тасмурун, 4 – Тайбагар, 5 – Садырнын, 9 – зона разлома. А-Б и В-Г – линии геологических разрезов.

Основные тектонические элементы: I-IV – Центрально-Мангышлакская система дислокаций: I – Каратауская мегаантиклиналь; II – Тюб-Караганская антиклинальная зона; III – Чакырганская синклиналичная зона; IV – Беке-Башкудукская антиклинальная зона; V-VII – Южно-Мангышлакский прогиб; V – Карагиинское сводовое поднятие, VI – Сегендыкская синклинали, VII – Жазгурлинская синклинали.

Впадина Карагие располагается в ядре крупной антиклинальной структуры – Карагиинского сводового поднятия, на разных склонах которого размещаются рудные залежи ураново-редкометалльных месторождений, протяженностью до 20 – 30 км (рис. 2).

Мангышлакский полуостров сложен комплексом мезокайнозойских отложений, залегающих на дислоцированной толще метаморфизованных пермо-триасовых пород. В вертикальном разрезе они четко подраз-

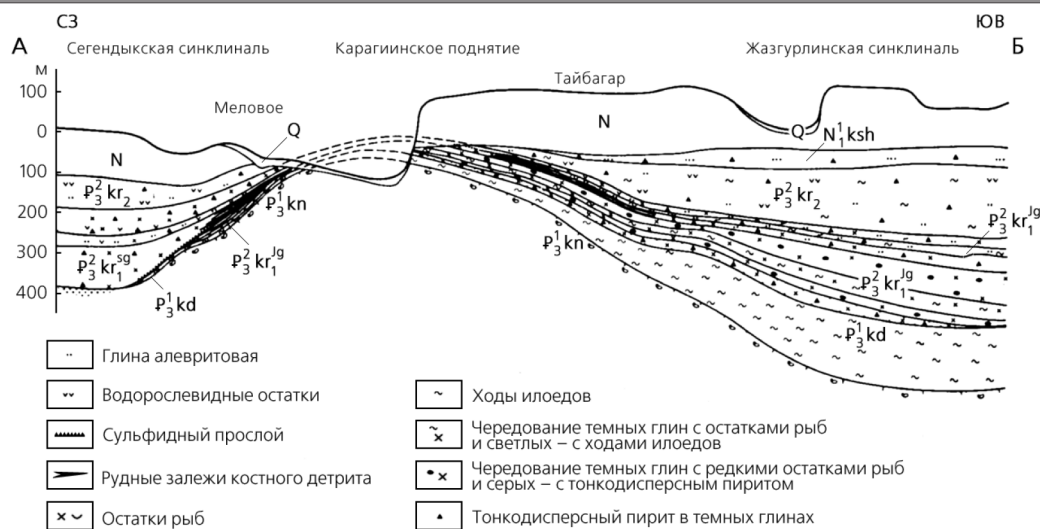


Рис. 2. Поперечный разрез через Карагиинское сводовое поднятие по линии А-В (положение разреза см. рис. 1).

1 – глина, 2 – глина известковая, 3 – присыпки алеврита, 4 – глина алевритовая, 5 – водорослевидные остатки, 6 – ходы илоедов, 7 – тонкодисперсный пирит, 8 – пятнистые выделения пирита, 9 – сульфидный прослой (СП<sub>2</sub>), 10 – выделения кристаллического пирита, 11 – рассеянные остатки рыб, 12 – прослои костного детрита рыб, 13 – рудные залежи костного детрита, 14 – остракоды, 15 – зона глубинного разлома; Нижний олигоцен: P<sub>3</sub>kd – каундинские слои. Верхний олигоцен: P<sub>3</sub>kr – карагиинская свита: P<sub>3</sub>kr<sub>1</sub> – нижняя рыбная подсвита (P<sub>3</sub>kr<sub>1</sub><sup>г</sup> – жазгурлинский горизонт, P<sub>3</sub>kr<sub>1</sub><sup>sd</sup> – сегендыкский горизонт); P<sub>3</sub>kr<sub>2</sub> – верхняя подсвита. Нижний миоцен: N<sub>1</sub>ksh – кашкартинская свита, Q – четвертичные образования.

деляются на три резко отличных геологических структурных комплекса: пермо-триасовый, юрско-палеогеновый и неогеновый.

Пермо-триасовый комплекс пород развит исключительно в горной части Мангышлака. Мощность его 9000 м. Юрско-палеогеновый комплекс распространен на всей территории Мангышлака и представлен образованиями платформенного типа мощностью 2000 м. Геологический разрез Мангышлака венчает верхний неогеновый платформенный комплекс, который развит главным образом в его южной части.

В палеотектоническом плане Мангышлака четко выделяется Южно-Мангышлакский региональный прогиб, протягивающийся в субширотном направлении на 300 км при ширине до 90 км. Он разделяется Карагиинским сводовым поднятием на две обширные депрессии (синклинали): Сегендыкскую и Жазгурлинскую (см. рис. 2).

В ядре сводового поднятия установлен долгоживущий глубинный разлом, осложненный крупным грабеном [Митрофанов и др., 1964], в пределах которого размещался подводный вулканический аппарат [Шарков, 2008].

Рудовмещающая толща верхнего олигоцена – «рыбная подсвита» (>400 м) разделяется по внутриформационному перерыву в осадконакоплении на два различных горизонта: жазгурлинский (подрудный) и сегендыкский (рудный).

Отложения подрудного горизонта характеризуются ритмичным строением, присутствием в глинах только мелких рассеянных остатков ихтиофауны, минимальной мощностью в пределах Карагиинского сводового поднятия (12 м) и максимальной (180 м) в Жазгурлинской синклинали (см. рис. 2). Глины рудного горизонта резко отличаются по обилию остатков рыб и содержанию тонкодисперсного пирита. Мощность рудоносных отложений в районе Карагиинского поднятия не превышает 15 м, а в Жазгурлинской синклинали увеличивается до 75 м и в Сегендыкской возрастает до 230 м.

Все выявленные на Мангышлаке органогенно-фосфатные ураново-редкометалльные месторождения размещаются только в нижней собственно рудной пачке сегендыкского горизонта.

Рудоносные отложения представлены темно-серыми, бурыми глинами, обогащен-

ными органическим веществом (до 2 – 3%), остатками рыб (до 0,9%) и тонкодисперсным пиритом (до 10%). Главной особенностью их является наличие туффитовых прослоев (0,1 – 0,15 м), характеризующихся значительной выдержанностью (десятки километров) и довольно широким распространением (70 – 120 км) в пределах Сегендыкской и Жазгурлинской синклиналей. Они размещаются в рудоносных отложениях на четырех стратиграфических уровнях, синхронных по времени образования четвертым рудным пластам, выделенным в рудных залежах костного детрита рыб крупных месторождений Мангышлака.

### Михайловский рудный район

Находится в северо-западной части КМА на территории Курской области в пределах Воронежской антеклизы, которая обладает двухъярусным строением, включая докембрийский фундамент (в рамках Воронежского кристаллического массива – ВКМ) и перекрывающий его различный по составу и мощности осадочный чехол фанерозойских образований.

В структурном плане Михайловский рудный район занимает восточную часть КМА, расположенную на своде ВКМ и приуроченную к Михайловской синклинорной зоне [Голивкин, Орлов и др., 2001]. В центральной части района располагается куполовидное Комаричское антиклинальное (сводовое) поднятие (70x30 км), сложенное плагиогнейсами и мигматитами обоянской серии. Оно облекается синклинальными зонами – Михайловской с востока, Комаричской и Фатеевской – с запада.

Примечательной особенностью Михайловского рудного района является широкое развитие гематит-магнетитовых и магнетит-гематитовых кварцитов. На всех породах кристаллического фундамента развита доверхневизейская кора выветривания.

Кристаллический фундамент в районе перекрыт осадочным чехлом мощностью 40–250 и более метров. Он сложен отложениями девонской, юрской, меловой, неогеновой и четвертичной систем.

Комплексное ураново-редкоземельно-благороднометалльное оруденение заключено в отложениях верхнего девона, широко развитых на территории Михайловского железорудного месторождения.

Михайловское месторождение приурочено к западному борту симметричной по своему строению синклинали, к участку флексуобразного перегиба, осложненному разнородными разломами и интенсивной складчатостью [Голивкин, Орлов и др., 2001]. В пределах северной части месторождения (Веретенинская залежь) выделяются две синклинальные и разделяющая их антиклинальные складки субмеридиального простирания протяженностью до 6 км (рис. 3, 4).

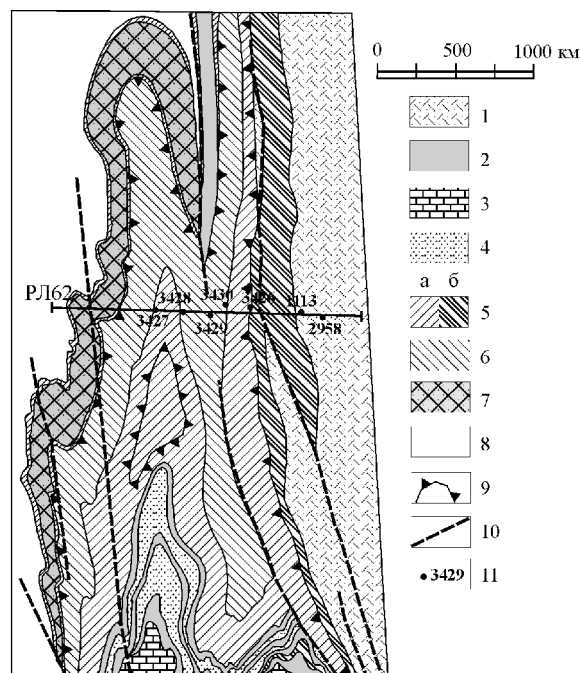


Рис. 3. Схематическая геологическая карта Михайловского месторождения (в рамках Веретенинской залежи) с авторскими изменениями: нижний протерозой.

1 – оскольская серия – курбакинская свита; курская серия: 2-7 – коробковская свита: 2 – верхняя железорудная подсвита – магнетитовые кварциты, 3 – нижняя сланцевая подсвита – кварц-серицитовые филлитовидные сланцы, 4-7 – нижняя железорудная подсвита: 4 – четвертая пачка – , 5 – третья пачка – гематит-магнетитовые (а) и гематитовые краснополосчатые (б) кварциты, 6 – вторая пачка – гематит-магнетитовые кварциты, 7 – первая пачка – карбонатно-магнетитовые и магнетитовые с карбонатом малорудные кварциты; 8 – стойленская свита, верхняя подсвита – углеродистые хлорит-серицит-кварцевые сланцы с прослоями песчаников; 9 – контур распространения богатых железных руд; 10 – разломы; 11 – скважины и их номера.

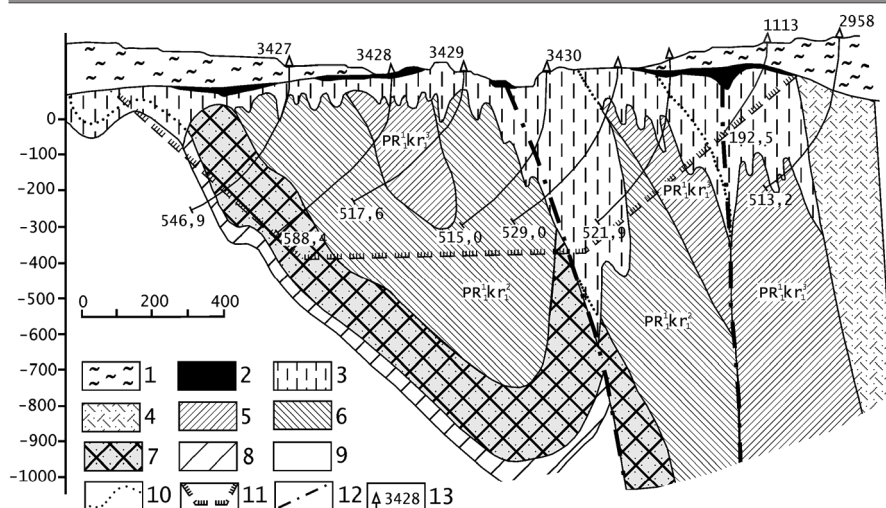


Рис. 4. Геологический разрез по РЖ-62 Михайловского месторождения (по материалам ГРЭ ПГО «Центргеология»).

1 – осадочные породы чехла; 2 – богатые железные руды; 3 – окисленные железистые кварцы.

Остальные условные обозначения см. на рис. 3.

Месторождение обладает отчетливо выраженным слоистым строением залежей железистых кварцитов. В составе продуктивной коробковской свиты курской серии выделены две железорудные и две сланцевые подсвиты. Нижняя железорудная подсвита на площади месторождения, по сравнению с верхней развита более широко, полностью слагая Веретенинскую залежь.

В ее основании обычно залегают безрудные и слабо ожелезненные кварциты мощностью 3 – 48 м. Выше по разрезу выделяются четыре пачки рудных кварцитов (см. рис. 3, 4), общей мощностью 470 – 1400 м. На железистых кварцитах залегают филлитовидные сланцы нижней сланцевой подсвиты (90 – 140 м). Верхняя железорудная подсвита сложена преимущественно магнетитовыми кварцитами (180 – 210 м). Верхнюю сланцевую подсвиту образуют углисто-кремнисто-серицитовые сланцы (190 м).

Верхнюю часть разреза Михайловского месторождения слагают отложения курбакинской свиты, залегающие со стратиграфическим несогласием на отложениях коробковской свиты. Ее нижняя подсвита сложена конгломератобрекчиями железистых кварцитов, сланцами, полимиктовыми песчаниками общей мощностью от 60 до 270 м.

Важнейшим компонентом железистых кварцитов, а также сформировавшихся за их счет залежей богатых железных руд до-

верхневизейской коры выветривания являются благородные металлы.

Среди разнообразных по составу железных руд выделен ряд генетических типов золото-платинометалльного оруденения [Чернышов, 2004, 2010], каждый из которых характеризуется специфическими условиями локализации, морфологией и масштабами рудных залежей, составом минерализации и содержанием благородных металлов:

1) осадочно-метаморфогенный рассеянный, с низкими содержаниями золота (0,02 – 0,12 г/т и платиноидов (до 0,05 г/т); 2) – стратиформный метаморфогенно-метасоматический (Au=0,54 – 6,18 г/т, Pt=0,12 – 0,30 г/т, Pd=0,58 – 0,77 г/т); 3) – гидротермально-метасоматический (Au=0,6 – 6,2 г/т (редко до 35,8 г/т), ЭПГ=0,3 – 0,5 г/т); 4) – гипергенно-метасоматический (Au=0,64 – 4,30 г/т (редко до 41,7 г/т, Pd до 1,5 г/т).

Эти генетические типы являются с одной стороны – первичным источником золота и платиноидов, поступавших в промпродукты, с образованием самостоятельного техногенного по своей природе месторождения, а с другой – продуцентом для формирования в отложениях верхнего девона уран-редкоземельно-благороднометалльного оруденения в пластовых залежах костного детрита панцирных рыб, размещенных в кровле железорудных месторождений [Чернышов, 2004, 2010].

Особенности строения и состава рудных залежей костного детрита рыб олигоцена и девона.

Рудная залежь месторождения Мелового (верхний олигоцен) занимает обширную площадь (90 км<sup>2</sup>) в пределах мульдообразного прогиба, расположенного на СЗ крыле Карагинского сводового поднятия (см. рис. 2), который протягивается на 18 – 20 км, при ширине 2-8 км.

На возвышенной площади, наиболее приближенной к своду поднятия пластовые скопления костного детрита ихтиофауны образуют компактную часть залежи (0,5 – 0,7 м) и выходят на дневную поверхность

во впадине Карагие. К северо-западу они погружаются на глубину 180 – 200 м и постепенно расслаиваются, достигая мощности 8 – 10 м (рис. 5).

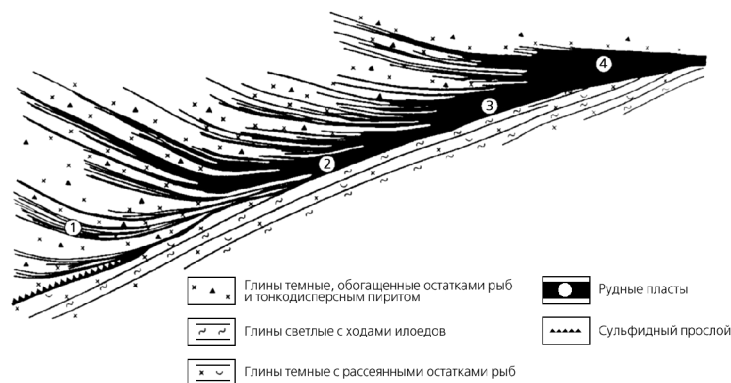


Рис. 5. Продольный разрез рудной залежи месторождения Мелового.

1 – глины темные, обогащенные остатками рыб и тонкодисперсным пиритом; 2 – глины светло-серые (белесые) с ходами илоедов; 3 – глины темно-серые с редкими рассеянными остатками рыб; 4 – рудные пласты и их номера; 5 – сульфидный прослой.

В составе рудной залежи четко выделяются четыре разновозрастных пласта, различающихся между собой строением, составом, распределением костного детрита рыб и содержанием основных компонентов (U, TR,  $P_2O_5$ ,  $FeS_2$ ). Первые два нижних пласта в ЮВ

возвышенной части рудного поля представлены «костной брекчией», а два верхних – главным образом тонкослоистой рудной породой. В относительно погруженной его части рудные пласты расслаиваются и за пределами месторождения костные остатки рассеиваются во вмещающих глинах.

Обычно тонкослоистая рудная порода состоит из глинистой массы почти черного цвета, насыщенной мелкоизмельченными косточками и чешуйками рыб (до 20-30%) и тонкодисперсным пиритом (до 35 – 50%).

В пластовой залежи довольно четко выражено ритмичное накопление костных остатков. В каждом ритме, как правило, в нижней части залегает сравнительно крупнообломочный материал (до 0,5 – 1 см), который вверх по разрезу переходит в мелкоизмельченный костный детрит (1 – 2 мм) и перекрывается прослоем глин (до 0,2 – 0,5 см). Химический состав органогенно-фосфатных руд приведен в табл. 1.

Костная брекчия почти всегда залегает в подошве рудной залежи в пределах возвышенной части месторождения, где она прослеживается в первом рудном пласте на расстоянии до 10 км, а во втором – на 5 км.

Таблица 1

Химический состав органогенно-фосфатных руд верхнего олигоцена Мангышлака и оруденения верхнего девона Михайловского карьера

Компоненты	Руды Мангышлака (мас. %)	Оруденение Михайловского карьера (мас. %)
$SiO_2$	23,49	7,80
$Al_2O_3$	8,53	2,28
$Fe_2O_3$	47,0	37,76
CaO	10,38	14,38
MgO	1,36	1,31
$K_2O$	1,92	0,36
$Na_2O$	0,77	0,25
$P_2O_5$	6,66	7,27
MnO	0,23	0,64
$\Sigma TR$	0,2	0,032
U	0,05	0,003
Ni	0,10	0,006
Co	0,02	0,003
Mo	0,04	0,00007
W	0,03	0,002
Cu	0,03	0,002
Zn	0,23	0,012
Pb	0,01	<0,001

Эта порода сложена, в основном, несортированным органогенным материалом, в котором выделяются крупные кости (до 10 см) акул и древних китов (до 10-25 см), слуховые кости китов (до 5 см) и многочисленные зубы акул разного возраста (15 см), а также нередко встречаются фрагменты и целые скелеты зубатых китов *Microcetus sharkovi* Dubrovo и *Patriocetus Kazakhstanicus* [Дуброво, Шарков, 1971], размер которых не превышает 3 м. Среди позвонков китов находятся неокатанные и сильно окатанные разности. Кроме того здесь довольно часто находятся обломки и деформированные (сплюснутые) углефицированные стволы деревьев (до 8 м), значительно реже окатанные гальки фосфоритов (до 5 см). В отдельных случаях присутствуют кости птиц [Шарков, 2008].

Весь этот крупнообломочный материал сцементирован глинистой массой, смешанной с тонкодисперсным пиритом и мелко-раздробленными костными остатками рыб. Костная брекчия, как правило, пропитана баритом и целестином, что придает ей массивный облик, по которому эта порода очень резко выделяется на фоне тонкослоистой рудной породы.

Среднее содержание урана в костной брекчии 0,035 – 0,040%, редких земель 0,15–0,75%, а в тонкослоистой руде – U – 0,045 – 0,1%, TR – 0,20 – 0,55%.

*Рудная залежь в кровле Михайловского месторождения (верхний девон).* Пластовые скопления костного детрита панцирных рыб с повышенными концентрациями благородных металлов, урана и редких земель в отложениях верхнего девона впервые были выявлены [Чернышов и др., 2004, 2005] в скважинах и обнажениях Михайловского железорудного карьера КМА (рис. 6).

Рудовмещающие отложения представлены карбонатно-глинистыми и песчано-глинистыми образованиями франского яруса верхнего девона. Наиболее полный разрез их (200 м) вскрыт на севере района, а на юге не превышают мощности 50 м (рис. 6, 7).

Карбонатно-глинистые породы имеют крайне невыдержанную слоистую текстуру, обусловленную присутствием обильных окатанных и угловатых обломков костей панцирных рыб (размером от долей мм до 5 – 7 и более см), сцементированных гли-

нистым веществом, смешанным с сульфидами железа.

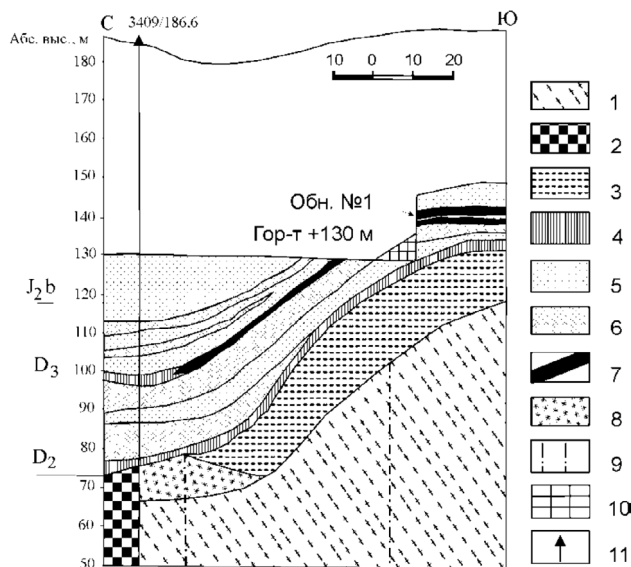


Рис. 6. Схематический геологический разрез юго-восточного фланга Михайловского месторождения с обнажением органогенно-фосфатного ураново-редкоземельно-благородно-металльного оруденения в девонских отложениях [по Чернышову и др., 2004]:

1 – курская серия, коробковская свита, нижняя сланцевая подсвита ( $PR^1kr^4_1$ ), углеродистые сланцы с прослоями кварцитов; 2 – коробковская свита, нижняя железорудная подсвита, четвертая пачка ( $PR^1kr^4_i$ ), магнетитовые и гематит-магнетитовые кварциты, краснополосчатые гематитовые кварциты; 3 – переотложенные мартитовые руды; 4 – седиментационные брекчии с глинисто-алевритовым цементом, ожелезненные; 5 – аргиллиты песчаные с прослоями алевритов; 6 – алевриты; 7 – пластовая залежь костного детрита панцирных рыб; 8 – гипергенное ожелезнение пород; 9 – разломы; 10 – осыпь карьера; 11 – разведочная скважина, ее номер.

Рудная порода состоит из глинистой массы темного цвета, насыщенной разного рода обломками панцирных рыб и тонкодисперсным пиритом. Пластовая залежь характеризуется ритмичным строением, связанным с неравномерным распределением костных остатков рыб в вертикальном разрезе.

Залежь ископаемых остатков панцирных рыб (мощн. 0,8-2 м) размещается на северном склоне антиклинальной складки в непосредственной близости от пересекающего ее глубинного разлома (см. рис. 3). Она протягивается на расстояние более 200 м и

погружается (до 50°) с последующим выколаживанием. В ядре складки залежь разделяется глинами на два пласта, мощностью 0,4 – 0,6 м и 0,8 – 1 м. На склоне эродированной антиклинали они образуют, по существу, единое, но несколько прерывистое рудное тело, которое залегает с разрывом на подстилающих алевритовых породах среднего девона (см. рис. 6) и постепенно переходит в перекрывающие глины верхнего девона.

отдел	колонка	мощн. отлож. (м)	породы
D <sub>3</sub>	— — —	5	Глины, аргиллиты
	•••••	4	Алевриты
	— — — ••••• — — —	15	Глины с прослоями алевритов
	— — —	2.0	Залежь костного детрита
D <sub>2</sub>	•••••	17	Алевриты с глинами
	— — —		
	* * * * *	4	Переотложенные железные руды
	— — —	2	Рудная брекчия ожелезненная

Рис. 7. Разрез рудовмещающих отложений девона по скв. 3409.

Характеристика костного детрита рудных залежей в олигоцене и девоне.

В рудной залежи месторождения Мелового сконцентрировано более 70 млн. тонн фоссилизованных костных остатков ихтиофауны, основная масса которых представлена мелкодробленным детритом (2-3 мм), составляющим 70% от его общего количества. Поры в обломках костей и позвонков рыб в большинстве случаев заполнены карбонатом, сульфидами железа, резе целестином и баритом. Сульфиды железа в порах костей образовались за счет замещения органического вещества костной ткани рыб, а в цементирующей рудной массе, в результате процессов сульфат-редукции органического вещества мягких тканей рыб [Шарков, Печенкин, 2009]. Основными компонентами костного фосфата являются кальций, фосфор, фтор, уголекислота. В подчиненном количестве присутствуют K, Na, Mg, Cl, S. Химический состав ископаемых костных остатков рыб приведен в табл. 2.

В результате рентгенографического изучения костного фосфата ископаемых рыб на Мангышлаке, с целью определения размера элементарной ячейки апатита и решения вопроса – какой именно апатит находится в нем, было установлено, что преобладающей молекулой является фторапатитовая (значение «а» – 9,35-9,37). По данным рентгеноструктурного анализа фосфат относится к франколиту – 9,30-9,32. Такие же размеры элементарных ячеек определялись для панцирных рыб в девоне и в чешуе *Asterolepis* [Сидоренко, 1962].

Таблица 2

Химический состав ископаемых костных остатков рыб (в %) верхнего олигоцена (по Коченову, 1960)

Компонент	Содержание		
	от	до	среднее
CaO	-	48,02	-
MgO	0,56	1,56	0,75
SrO	0,22	1,10	0,27
BaO	0,00	1,60	0,12
TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10	1,34	0,95
K <sub>2</sub> O	0,15	2,44	0,36
Na <sub>2</sub> O	0,90	2,12	1,35
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	33,80	-
CO <sub>2</sub>	2,91	18,48	3,80
F	2,10	3,50	3,10
Cl	0,05	0,79	0,25
SO <sub>3</sub>	1,29	3,36	2,53
C <sub>орг</sub>	0,05	4,45	1,50
H <sub>2</sub> O+	0,04	3,00	1,26



Примечательной особенностью костных остатков ихтиофауны является их магнитная восприимчивость [Полушкина, 1973], по которой выделяются три вида костей: магнитные, электромагнитные и неэлектромагнитные. Повышенная магнитная восприимчивость костей связана с присутствующими в них редкоземельными элементами цериевой группы.

В органогенно-фосфатных рудах помимо редких элементов (U, TR) фиксируются благородные металлы (Au, Ag, Pt, Pd), а также сульфиды железа и связанные с ними примеси (Ni, Co, Mo, Cr, Pb, W) (табл. 1).

*Органогенно-фосфатное оруденение в отложениях верхнего девона* в кровле Михайловского месторождения, представлено сегментами черепной коробки панцирных рыб, плавниками и различными костями скелетов ихтиофауны отряда антиархов [Лярская, 1981], среди которых преобладает семейство *Asterolepis ornate* Eichwald, что позволило отнести эти пластовые скопления костных остатков ихтиофауны к саргаевской свите (D1sr) основания среднего подъяруса верхнефранского яруса девонской системы.

Следует отметить, что с этим временем совпадают этапы каледонской тектонической активизации на Воронежской антеклизе и проявленный в начале франского времени интенсивный трапзовый магматизм. Основная масса костных остатков рыб представлена обломками, размером от долей мм до 5 – 7 см и более.

Подавляющее большинство костных остатков рыб залегает горизонтально, а обломки челюстей и зубы кистеперых рыб – хаотично. Цвет костных остатков бурый, до черного, реже светло-серый, белый (в окисленных костях). Среди общей массы костного детрита встречаются выветрелые окатанные и полуокатанные обломки костей и панцирей. Костный детрит обычно сцементирован глинистой массой, смешанной с тонкодисперсным пиритом (до 1 – 5%), который также нередко заполняет поры костей.

При микроскопических исследованиях костного материала установлены выделения слабораскристаллизованного фосфата светлого, коричневатого-серого цвета фторапатита, которым выполнена основная масса костей рыб. Фосфаты в разной степени загрязнены глинисто-кварцевым или железистым пелитоморфным веществом с при-

месью темно-коричневых органических микровключений. Вокруг крупных обломков костей отмечаются каемки тонкодисперсного пирита и редко марказита.

Большинство сульфидов концентрируется в цементе и частично в порах костей рыб. Сульфиды железа, как и на Мангышлаке, образовались в цементе в процессе сульфат-редукции органического вещества мягких тканей рыб и в порах за счет замещения органического вещества костной ткани (рис. 8 а, б). Наиболее ранней генерацией сульфидов являются выделения мельниковита в виде шариков-сгустков (диаметром 0,01 – 0,03 мм) в порах костной ткани (рис. 8 в, г). По периферии овальных пустот обычно наблюдаются конформные кольцевые агрегаты мельниковит-пирита размером до 0,10–0,15 мм. Поздняя генерация пирита иногда встречается в трещинах (0,1 – 0,12 мм), секущих фосфатно-сульфидные выделения.

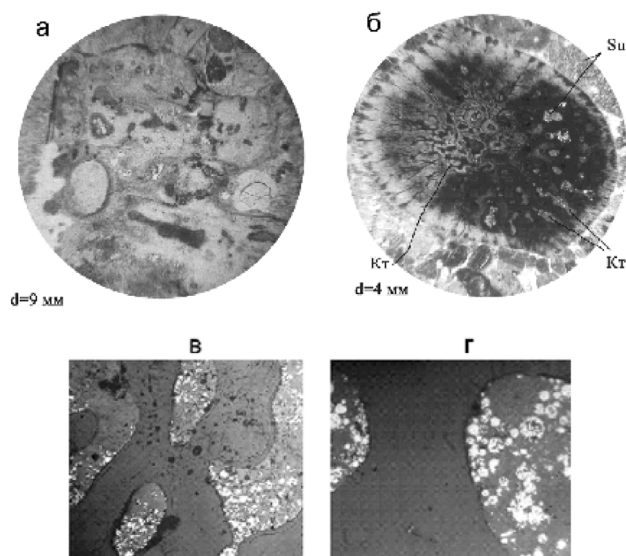


Рис. 8. Костный детрит панцирных рыб

(а). Шлиф, x20. Ник. 11; Распределение сульфидов в порах костной ткани рыб (б). Шлиф, x40. Ник. 11. Формы распределения сульфидов в пустотах костной ткани рыб (полированный шлиф): а) – тонкодисперсный пирит в губчатой ткани костей (x30); выделения тонкодисперсного пирита в фосфатных сфероиды (x50).

Встречаются прослои крупнообломочного костного детрита, содержащие линзы с костями рыб хорошей сохранности. Обычно они чередуются в разрезе с прослоями костной брекчии, состоящей из окатанных и неокатанных обломков костей и мелких окатышей глин (до 15 см). Все это свидетельствует о формировании пластовых

скоплений ископаемых остатков панцирных рыб в мелководной волно-прибойной зоне. Иногда на горизонтальной плоскости отдельных прослоев костного детрита наблюдаются трещины усыхания и развитие гидрооксидных корочек железа, что указывает на кратковременные выходы палеодна морского бассейна на дневную поверхность. Обломки скелетных частей панцирных рыб в это время подвергались выветриванию и при повторном погружении в воду частично или полностью разрушались.

Отмеченные черты осадконакопления и перерывов несомненно указывают на нестабильный режим тектонической обстановки, который выразился периодическими вертикальными колебаниями области антиклинального поднятия, расположенного в пределах Михайловского месторождения (см. рис. 6).

#### Особенности распределения редких и благородных металлов в рудных образованиях олигоцена и девона.

В верхнеолигоценовой рудной залежи месторождения Мелового распределение урана и редких земель зависит от количества и характера костного детрита рыб, а также от строения рудных пластов. В юго-восточной мелководной части его содержание, как правило, увеличивается по разрезу снизу вверх от 0,04 до 0,05% и TR от 0,15 до 0,25%.

Иной характер распределения этих элементов отмечается в северном и западном направлениях, где в двух нижних пластах содержание урана возрастает от 0,04 до 0,175%, редких земель от 0,15 до 0,92%, при соответствующем увеличении количества костного детрита ( $P_2O_5$ ) от 5 до 17%. В двух верхних пластах содержание урана изменяется от 0,03 до 0,09%, редких земель – от 0,2 до 0,4%, а количество костного детрита

от 4 до 8,5%. В рудной залежи месторождения Мелового установлено [Коченов, и др., 1960] преобладание в составе редкоземельных элементов цериевой группы (табл. 3). Отношение Ce/Y (с учетом иттрия) колеблется в пределах от 2,2 до 8,8 и в среднем равно 2,9 – 3,0.

Что касается благородных металлов (Au, Ag, Pt и Pd), то их распределение в рудной залежи месторождения Мелового по объективным причинам не было изучено.

Прежде всего следует подчеркнуть, что еще на ранней стадии изучения месторождения Мелового в 1957 – 1958 гг., Р. В. Нифонтовым [1969], впервые в рудной залежи было обнаружено золото, которое присутствует в трех видах: 1) субмикроскопических включений в тонкодисперсном пирите; 2) зоны обрастания кристаллов пирита; 3) самородных субмикроскопических зерен (проволочек) и кристалликов непосредственно в глинах.

Содержание золота в рудах месторождения Мелового тогда не определялось из-за отсутствия высокоточных приборов. По мнению Р. В. Нифонтова выявленное самородное золото имеет хемогенное происхождение. Его повышенное содержание в верхнеолигоценовых отложениях связано с золотоносными породами и месторождениями Казахстана, представляющими область сноса.

В настоящее время представилась возможность изучить образцы руд из этого месторождения, с целью определения в них содержания Au, Ag, Pt, Pd, в лаборатории анализа благородных металлов ДВГИ ДВО РАН (Иванов В. В.).

Было установлено, что кроме золота в органогенно-фосфатных рудах присутствуют теллуриды, селениды и сульфиды

Таблица 3

Состав редкоземельных элементов в костном детрите их верхнеолигоценовых и верхнедевонских органогенно-фосфатных руд.

Возраст, месторожд.	Цериевая группа				Иттриевая группа								
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu
*)Верхний олигоцен, Меловое (%)	16,9	26,4	6,2	16,5	4,1	0,2	4,0	0,5	3,4	0,6	1,8	0,9	0,2
	18,7	30,1	5,0	13,9	4,5	0,2	1,9	0,3	3,1	0,5	2,3	0,7	0,2
	14,3	3,0	6,0	14,9	5,2	0,2	4,2	0,6	3,9	0,5	3,0	0,9	0,2
**)Верхний девон (г/т)	88,0	211,0	23,4	105,0	24,9	6,53	29,0	4,38	27,8	5,32	15,5	11,8	1,69
	51,4	126,0	13,2	58,6	13,4	3,37	15,2	2,39	14,5	2,75	8,6	6,39	0,91

Примечание:

\*) Анализы выполнены в химико-аналитической лаборатории ВИМСа

\*\*) Анализы выполнены методом ICP-MS в лаборатории ИГЕМ РАН.

ды серебра, а также платина и палладий. Содержание золота в рудной массе месторождения Мелового (г/т) 0,28 – 0,66, серебра – 5,8 – 6,1, платины 0,023 – 0,036 и палладия – 0,018 – 0,026. Измерение содержания Au, Pt и Pd проводилось на атомно-абсорбционном спектрофотометре Shimadzu AA-6800 в режиме электротермической атомизации. Ag – на атомноабсорбционном спектрофотометре Hitachi 180-50 в плазменном режиме.

В верхнедевонском органогенно-фосфатном оруденении выделяются [Чернышов и др., 2004] две существенно различающиеся по содержанию основных компонентов разновидности: а) ожелезненные бурые скопления костного детрита рыб с высоким содержанием  $Fe_2O_3$  (65,33%) и сравнительно повышенным  $P_2O_5$  (7,27%); б) менее ожелезненные (37,26%) желтовато-серые, обогащенные  $P_2O_5$  (15,23%), CaO (38,54%).

Различными методами исследования по распределению элементов платиновой группы, золота и серебра выявлены в скоплениях костного детрита: а) повышенные концентрации в высокожелезистой разновидности Pd (до 1,7 г/т) и Pt (до 0,02 г/т), а также Au (до 0,220 г/т); б) существенно обогащенные Ag (до 0,570 г/т) в умеренножелезистой их разновидности (табл. 4), при пониженных концентрациях Pd (0,230 г/т) и от части Au (до 0,220 г/т). Характерной особенностью пластовых скоплений костного детрита панцирных рыб является постоянное преобладание Pd над Pt ( $Pd/Pt =$  от 1,3 до 6,4 в маложелезных до 14,4 – 23,3 в высокожелезных разновидностях).

Примечательно, что подобный характер распределения ЭПГ в пластовых скоплениях костного детрита почти полностью повторяет особенности поведения платиноидов в самих железистых кварцитах [Чернышов и др., 2003, 2004, 2005].

Распределение редкоземельных элементов (табл. 4) выявляет отчетливую зависимость их концентраций от содержаний  $P_2O_5$  [Чернышов и др., 2004]. Пластовые скопления костных остатков панцирных рыб с повышенным содержанием  $P_2O_5$  характеризуются почти полуторакратным обогащением РЗЭ (556,3 г/т) по сравнению с высокожелезистыми, но бедными по  $P_2O_5$  разновидностями ( $\Sigma TR = 317,8$  г/т). Эти различия отчетливо прослеживаются в величинах

кларков-концентраций некоторых элементов – Lu (от 3,4 до 1,8), Dy (от 6,2 до 3,2), Eu (от 5,4 до 2,8), La (от 4,8 до 2,8), Nd (от 4,8 до 2,8), Ho (от 4,1 до 3,1), Ce (от 4,6 до 2,8).

Подобный характер распределения присущ и радиоактивным элементам. Наиболее высокие концентрации U (26,36 г/т) фиксируются в скоплениях богатых  $P_2O_5$ , а в бедных разновидностях (с небольшим количеством костных остатков рыб) содержание урана в два раза меньше (12,17 г/т). По данным предыдущих исследователей в ископаемых костях панцирных рыб содержание урана достигает 0,03% и редких земель – 1,5%, а в чешуе рыб *Asterolepis* – U-0.1% и TR – 2,4%. В пористой ткани костей – U-0,037% [Сидоренко, 1962].

Таким образом, из приведенных выше фактических данных отчетливо видно, что по вещественному и химическому составу органогенно-фосфатное оруденение, заключенное в верхнедевонских отложениях в кровле Михайловского железорудного месторождения имеет большое сходство с верхнеолигоценовыми рудными залежами Мангышлака и отличается от них только по масштабу, более низкому содержанию редких и благородных металлов, а также элементов-примесей.

#### **О некоторых генетических аспектах органогенно-фосфатных образований Мангышлака и Михайловского района.**

На данном этапе достоверно установлено, что вулканизм играл чрезвычайно большую роль в образовании органогенно-фосфатных месторождений урана и редких земель на Мангышлаке.

Главными факторами обусловившими накопление рудоносных отложений и громадных скоплений металлоносности костных остатков рыб, а также концентрацию сульфидов железа являлись: активный тектонический режим, подводная вулканическая деятельность, гидродинамика и палеорельеф дна морского бассейна.

Активный тектонический режим выразился до начала периода формирования отложений верхнего олигоцена интенсивным развитием унаследованного конседиментационного Карагиинского сводового поднятия и образованием в его ядре глубинного долгоживущего разлома, осложненного грабеном, в пределах которого возник подводный вулканический аппарат. Его ак-

Содержание благородных металлов (г/т) в верхнедевонских пластовых скоплениях костного детрита панцирных рыб.

№№ проб	Костный детрит, рудная порода	Au	Ag	Pt	Pd
1	Крупнообломочный материал (>1 см)	0,220	0,460	0,020	0,100
2	Крупнообломочный материал (<1 см)	0,020	0,570	0,002	0,230
3	Мелкообломочный материал с повышенным содержанием FeS <sub>2</sub>	0,030	0,565	0,015	0,200
4	Крупнообломочный материал с пиритовым цементом	0,016	0,114	0,009	0,130
5	---//---	0,031	0,338	0,090	0,140
6	---//---	0,036	0,326	0,013	0,290
7	Бурый железняк с обломками панцирных рыб	0,080	0,370	0,075	0,680
8	---//---	0,060	0,530	0,070	1,700
9	Гидрогетит по пириту в костном детрите	0,060	0,420	0,064	0,410

Примечание: пробы 1-2 – проанализированы атомно-абсорбционным методом в лаборатории Кольского НЦ РАН (аналитик Филиппычева Л. В.); пробы 3-9 из коллекции ОАО «Михайловский ГОК» проанализированы пробирным методом в лаборатории ЦНИ ГРИ (аналитик Мандругин А. В.).

тивная деятельность отразилась в основном в поствулканическую стадию, когда в морской бассейн начали периодически поступать высокотемпературные гидротермы, вызывавшие катастрофическую массовую гибель рыб и вносящие в морскую воду рудные и малые элементы, кремнезем, серу и др. компоненты.

Огромные массы погибшей ихтиофауны накапливались на дне подводной отмели. В дальнейшем гидродинамика и палеорельеф дна морского бассейна имели первостепенное значение в период дезинтеграции скелетных частей, после разложения мягких тканей рыб. при дроблении, разносе костного детрита и концентрации в нем, в процессе сорбции, редких элементов.

Что касается условий образования органогенно-фосфатного оруденения в девонских отложениях в кровле Михайловского железорудного месторождения, то судя по приведенным выше фактическим данным, представляется, что формирование скоплений костных остатков панцирных рыб в этом районе происходило в период каледонской тектонической активизации на Воронежской антеклизе. Наличие глубинных разломов в пределах Михайловского месторождения и проявление активной вулканической деятельности в начале франского времени, то есть в период формирования пластовых скоплений позволяет сделать вывод, что массовая гибель панцирных рыб, как и на Мангышлаке, была обусловлена вулканической в девоне, в частности – в седнем Хоперском мегаблоке.

Высокотемпературные гидротермальные растворы, обогащенные редкими металлами и гидроксидами железа, поступавшие в морскую воду существенно повышали в ней содержание этих элементов.

В дальнейшем, по описанному выше сценарию, костный детрит подвергался многократному перемыванию и переотложению морскими течениями, что способствовало сорбции из морской воды урана и редких земель и накоплению их в фосфате костей панцирных рыб.

Анализ фактических данных по верхнеолигоценным органогенно-фосфатным ураново-редкометалльным рудам Мангышлака и верхнедевонскому оруденению в кровле Михайловского железорудного месторождения показал, что по структурному положению и вещественному составу, а также по условиям образования они аналогичны.

Первые находки органогенно-фосфатного ураново-редкоземельно-благородно-металльного оруденения, залегающего в кровле Михайловского месторождения железистых кварцитов, свидетельствуют о реальной возможности выявления новых промышленно значимых месторождений в верхнедевонских отложениях КМА и в других регионах ВЕП с известными площадями массовой гибели панцирных рыб.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Авдониин Г.И., Большигин В.В., Заварзин А.В., Шульгин А.С. О находке платиноидов в фосфоритах Центральной части Русской платформы. // Изв. высших

учебн. заведений. Геология и разведка. 2003. – № 5. – С. 88-89.

2. Балашов Ю.А. Геохимия редкоземельных элементов. М.: Наука, 1976. – 268 с.

3. Гершкович В.Л., Шалахов В.М., Колесников П.М., Семенов Г.И., Ломова В.И., Музыченко Е.С. Ергенинская ураноносная провинция органогенно-фосфатных руд. Сборн. Месторождения урана СССР. Том 2. В.1. Осадочные месторождения. ВИМС. М. 1967. С. 88-131.

4. Голибкин Н.И. Кононов Н.Д., Орлов В.М. и др. Железные руды КМА. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001. – 616 с.

5. Дубров И.А., Шарков А.А. Кит из верхнего олигоцена Мангышлака. //Докл. АН СССР. 1971. Т. 198. № 6. – С. 1403-1406

6. Коченов А.В., Мстиславский М.М., Столяров А.С. Ископаемые металлоносные залежи костного детрита рыб. //Состояние и задачи советской литологии. М.: Наука. 1970. С. 165-171.

7. Лярская Л.А. Панцирные рыбы девона Прибалтики. Asterolepidal. Pura. «Зинатне», 1981. – 152 с.

8. Митрофанов В.Н., Ганьжина А.Ф., Гончаров А.С., Лебедев Б.А. и др. Выявление связей между пространственным размещением органогенно-фосфатных месторождений урана Южных Ергеней и Южного Мангышлака. Л. ВИРГ. 1964. 150 с.

9. Нифонтов Р.В. К вопросу о хемогенной золотоносности некоторых осадочных пород и ее значение. //АН СССР. Отдел геологогеографич. наук. Закономерности размещения полезн. ископаемых. 1960. Т. IV. Научно-технич. изд. литер, по горному делу.

10. Полушкина А.П., Шарков А.А. О природе магнитной восприимчивости ископаемых остатков рыб. //Изв. АН СССР. Сер. геол. 1973. № 9. С. 110-116.

11. Попков В.И., Япаскурт О.В. Новые данные о строении фундамента Мангышлака. //Докл. АН СССР. 1982. Т. 262. № 2. С. 423-425.

12. Сидоренко Г.А., Чернова Н.И. Рентгенографическое изучение костного фосфата ископаемых остатков рыб. ВИМС. Рентгеногеография минер. сырья. Сб. 2. Изд. Гостехиздат.

13. Сидоренко Г.А. Кристаллохимия минералов урана. М. Атомиздат. 1978. – 216 с.

14. Столяров А.С., Ивлева Е.И., Рехарская В.М. Металлоносность ископае-

мых залежей костного детрита рыб в майкопских отложениях. //Литология и полезн. ископаемые. 1991. № 1. – С. 61-71.

15. Чернышов Н.М., Изотко В.М., Петров-СЖВ., Молотков С.П. Первые находки минеральных форм элементов платиновой группы в железистых кварцитах КМА: (Центральная Россия). //Докл. АН, 2003. Том391. №1. С.104-107.

16. Чернышов Н.М., Молотков С.П. Новый тип уран-редкоземельно- благороднометалльного оруденения в пластовых костных фосфоритах верхнего девона в кровле железорудного Михайловского месторождения КМА. //Вестник Воронежского ун-та. Сер. геологич. 2004. № 2. С. 127 – 133.

17. Чернышов Н.М., Платиноносные формации Курско-Воронежского региона (Центральная Россия). Воронеж: Изд-во Воронеж.ун-та. 2004. – 445 с.

18. Чернышов Н.М., Молотков С. П. Первая находка редкоземельно- благороднометалльного оруденения в верхнедевонских пластовых ихтиодетритовых фосфоритах КМА (Центральная Россия) // Докл. РАН, 2005.-Т.404.-№ 3. – С.411-414.

19. Чернышов Н.М. Типы и минеральный состав золото-платинородного оруденения железорудных месторождений-гигантов КМА (Центральная Россия). // Докл. РАН, 2010. Т.430, №3. – С.395-399.

20. Шарков А.А. Литолого-фациальные особенности ураноносной рыбной подсветы верхнего олигоцена и условия образования органогенно-фосфатных месторождений урана Южного Мангышлака. Дис. канд. геол.-мин. Наук. М. ВИМС. 1967. – 25 с.

21. Шарков А.А. Уран-редкометалльные месторождения Мангышлака и Калмыкии, их генезис. М.: Эслан, 2008. – 220 с.

22. Шарков А.А., Печенкин И.Г. Уран-редкометалльное месторождение Меловое органогенно-фосфатного типа на Мангышлаке. М.: Эслан, 2009. – 116 с.

23. Шатров В.А., Войцеховский Г.В., Зеленская А.Н. Особенности распределения редкоземельных элементов и элементов-примесей в железистых кварцитах, корах выветривания и осадочных железных рудах (на примере Лебединского и Михайловского железорудных карьеров КМА) // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геологич. – 2001. – № 12. – С. 69-78.