

УДК 622.71

Т.В. Селиванова

СЕЛИВАНОВА ТАТЬЯНА ВАЛЕРЬЕВНА – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии, геофизики и геоэкологии Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток).  
E-mail: Selivanova\_d@mail.ru

## Железосодержащие минералы в углях месторождений Дальнего Востока России

Выполнен аналитический обзор количественного содержания железистых минералов в углях и отдельных типов пород угленосных формаций на Дальнем Востоке России в зависимости от зольности и вещественного состава. Полученная информация о содержании и распределении в них железосодержащих компонентов представляет интерес для петрофизических исследований магнитных свойств угля под действием высоких температур, результаты которых могут быть использованы при разработке дистанционных технологий мониторинга продвижения огневого забоя при отработке угольных пластов методами управляемого сжигания.

*Ключевые слова:* месторождения России, уголь, железосодержащие минералы.

Понимание процесса термохимического преобразования минеральных угольных компонентов, обуславливающего изменение их петрофизических характеристик, необходимо для разработки дистанционных технологий мониторинга продвижения огневого забоя при отработке угольных пластов методами управляемого сжигания [2, 5]. В частности, для дальнейшего изучения термомагнитных свойств углей Дальнего Востока России (далее мы используем термин «дальневосточные угли») представляет интерес анализ распределения железосодержащих компонентов в угольной массе дальневосточных месторождений, попытку которого мы и предприняли в данной работе.

Прежде всего обратимся к опубликованным и фондовым материалам, выполнив аналитический обзор с целью уточнения количественного и качественного содержания железосодержащих минералов в углях и отдельных типах углевмещающих пород в зависимости от зольности и вещественного состава углей месторождений Дальнего Востока [3, 4, 6]. Нами были использованы фондовые материалы Приморского филиала Территориального фонда геологической информации по Дальневосточному федеральному округу: месторождения Буреинского каменноугольного бассейна (В.И. Толстов, Ю.Г., Морозов, В.И. Подолян, А.И. Гресов и др.); Липовецкое месторождение (В.И. Подолян, Ю.Е. Белоусов, В.И. Пчелкин и др.); Ильичевское месторождение (В.И. Подолян, А.К. Седых, Н.Г. Мизь и др.), Партизанский угольный бассейн (А.К. Седых, В.Б. Морозов, Н.Г. Мизь, А.В. Олейников и др.); месторождения Угловского угольного бассейна (В.В. Медведев, А.К. Седых и др.), месторождения Ханкайского угольного бассейна (Я.В. Медведев, А.К. Седых, В.А. Челпанов и др.), месторождения Бикино-Уссурийского угольного бассейна (Ш.Г. Ульмясбаев, А.К. Седых, В.В. Левицкий и др.); месторождения Амуро-Зейского бурогоугольного месторождения (В.И. Подолян, В.И. Малыгин, О.Н. Кожура, Ю.И. Опарин, Т.Н. Елисафенко и др.); месторождения Средне-Амурского

буроугольного бассейна (В.И. Подолян, В.И. Малыгин, Ш.Г. Ульмясбаев и др.); Гербикиано-Огоджинский угленосный район (В.И. Подолян, В.И. Малыгин и др.).

Минерально-геохимический состав углей закладывается на торфяной стадии углеобразования и, как правило, зависит от пород, за счет которых происходит минеральное обогащение близлежащих торфяников, от гидрохимических особенностей поверхностных и подземных вод, физико-химических и геоморфологических условий среды торфонакопления. В углях железосодержащие минералы представлены аутигенными минералами сульфидов (пирит и марказит, в незначительном количестве – пирротин, галенит, сфалерит, киноварь) и карбонатов (сидерит) железа. Также минеральные компоненты в углях могут присутствовать и в составе органо-минеральных соединений (гуматов), количество которых определяется степенью минерализации водных растворов, составом исходного органического вещества и pH-Eh среды [1]. Сульфиды железа в угольных пластах могут быть представлены как в составе конкреций, так и в виде изолированных фрагментов – псевдоморфозов по растительным тканям.

Угли месторождений Дальнего Востока России, как правило, содержат большое количество минеральных включений, что и обуславливает их повышенную зольность. Повышенное содержание минеральных примесей обусловлено образованием и накоплением исходного вещества в условиях проточности торфяных болот (по А.С. Алексею, 1959). Накопление материнского вещества углей шло на месте произрастания растительности в обводненных, периодически проточных лесисто-травянистых болотах, приуроченных к поймам рек. В пределах торфяников происходило переотложение растительного материала и привносились минеральные компоненты. Колебания гидродинамического режима торфяников и вулканическая деятельность обусловили неравномерное по стратиграфическому разрезу и по площади месторождений накопление минеральных примесей [3]. Нередко полифациальный состав угленосных формаций дальневосточных углей, разнообразие типов пород затрудняет установление взаимосвязи изменений органического и минерального вещества в литогенезе.

Специальных работ по изучению минеральных примесей, в том числе и железосодержащих минералов, проводилось немного. К основным исследованиям можно отнести работы Наумова (1939, Буреинский бассейн), Алексеева (1959, 1964, Буреинский бассейн), Дзенс-Литовской (1968, Буреинский бассейн), Шарудо, Москвина (1973, Буреинский бассейн), Крапивенцевой (1979, 2007, Буреинский бассейн).

К настоящему времени наиболее полно изучены процессы преобразования минерального вещества для стадии диагенеза, протекающей в условиях высокой обводненности и активности химических элементов (Боголюбова и др., 1971; Боголюбова, Копорулин, 1973; Коссовская, 1954; Тимофеев, Боголюбова, 1966, Крапивенцева, 1979). Преобразование минерального вещества в условиях катагенеза, возрастающих уплотнении, обезвоживании, снижении пористости и проницаемости при достаточно высоких температурах и давлении и наличии циркулирующих подземных вод, рассмотрены в работах Вассоевич (1971), Логвиненко (1973), Крапивенцевой (1979).

Содержание железа в дальневосточных углях невысокое, в среднем на порядок ниже кларковых (Китаев, Михайлов, 1968). Среди минеральных включений дальневосточных углей преобладают минералы обломочного эпигенетического и диагенетического происхождения. Количество эпигенетических минеральных примесей возрастает от верхних слоев к нижним, значительно повышая их зольность, нередко образуя углито-породные прослои мощностью до 30 см [3, 4]. Железистые минералы представлены в основном сидеритом, пиритом, марказитом, лимонитом, халькопиритом. Сидерит наиболее характерен для высокозольных полуматовых полосчатых и штриховатых углей, для углистых туфогенных пород. Образование сидерита в большинстве дальневосточных углей частично обусловлено разложением пирокластического материала (вулканического стекла, полевых шпатов) под действием гуминовых кислот. Среда, богатая гуминовыми кислотами, способствует новообразованию сидерита не только по пепловым породам, но и по терригенным, особенно при переходе от торфяно-болотной к озерной обстановке. Сидерит часто встречается и как диагенетический минерал в условиях избытка CO<sub>2</sub>, создаваемых органикой в торфяных болотах, в присутствии свободного железа [3]. На стадии

постседиментационных изменений вмещающих пород также происходит образование сидерита по биотиту [3]. Сидерит микроскопически приурочен к гелефицированной стеблевой ткани, где присутствует в виде округлых зерен сферосидерита размером до 1 мм, а также может заполнять близ расположенные трещины. В составе цемента сидерит образует звездчатые выделения, неправильные или округлые пятна среди кварцита, реже – корочки обрастания на отдельных зернах [3, 4]. Пирит характерен для полублестящих неяснополосчатых и полуполосчатых углей. В осадочных горных породах пирит образуется в зарытых морских бассейнах в результате осаждения сероводорода. Он часто образует псевдоморфозы по органическим остаткам. При открытом доступе кислорода кристаллы пирита разрушаются, окисляясь до лимонита. Пирротин, являясь высокотемпературным минералом, на поздних стадиях метаморфизма при росте активности ионов серы, замещается метастабильным марказитом. При выветривании в зоне окисления он является наиболее легкоразлагающимся сульфидом, переходя в лимонит. Марказит является полиморфной разновидностью природного сернистого железа и кристаллизуется из слабокислых растворов в восстановительных условиях при более низких температурах, чем пирит, в угленосных песчано-глинистых отложениях распространен в виде конкреций. Лимонит часто слагает озерные болотные отложения, присутствует в окаменелом органическом веществе. Лимонит представляет собой высокодисперсную смесь гидроксидов железа – гетита, гидрогетита, гидрогематита и является результатом химического выветривания пирита, образуя псевдоморфозы по пириту или ложные формы по сидериту и органическим остаткам. Образуется, как правило, в результате отложения водных соединений железа на дне болот, озер и мелководной части морских бассейнов при участии железобактерий. Гематит образуется в виде вторичной примеси в магнетите, лимоните, сидерите или в виде тонкодисперсной примеси в угленосных песчано-глинистых отложениях. Чаще всего обломки минералов рассеяны в основной массе угля относительно равномерно, иногда они образуют линзовидные скопления или тонкие прослойки [3, 4].

Изменение содержания железосодержащих компонентов углей определяется степенью углефикации угольной массы и происходит в широких пределах. Интенсивность процесса углефикации выражается характером блеска и полосчатости углей. Блеск углей усиливается с повышением степени углефикации. Он зависит также от зольности углей и мацерального состава. В проточных и слабопроточных болотах формируются матовые угли, а в застойных обводненных пойменных – их полуматовые разности. Изученность химического состава неорганических компонентов различных по степени блеска углей крайне слабая [3, 4, 7, 8]. Как показывают результаты обобщения имеющегося материала петрографических исследований угольных образцов и отдельных типов пород дальневосточных угленосных формаций, изменение содержания железосодержащих компонентов в зависимости от зольности углей и вещественного состава пород происходит в широких пределах (табл. 1–2).

Таблица 1

**Содержание железосодержащих компонентов в породах углевмещающей толщи  
Буреинского каменноугольного бассейна**

Порода	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO, %
Углистый аргиллит	0,93–16,46
Аргиллит	0,5–6,8
Углистый алевролит	1,18–5,54
Алевролит	0,9–5,1
Песчаник углистый	0,85–29,62
Песчаник	0,6–2,9
Туфы измененные (бентонитовые глины)	1,55

Примечание. Таблица составлена автором по материалам В.В. Крапивенцевой [3].

Как свидетельствует табл. 1, высокое содержание железосодержащих компонентов характерно для углистых аргиллитов и песчаников, что необходимо учитывать при дальнейшем формировании петрофизических моделей с целью мониторинга зоны продвижения огневого забоя при обработке угольных пластов методами управляемого сжигания.

Таблица 2

**Содержание железосодержащих компонентов в золе дальневосточных углей**

Название объекта	Происхождение минеральных примесей	Тип угля по блеску	Форма нахождения Fe- минералов	Степень углефикации	Fe- минералы	Содержание	
						Fe- минералов	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO, % в золе
<b>МЕСТОРОЖДЕНИЯ БУРЕЙНСКОГО КАМЕННОУГОЛЬНОГО БАССЕЙНА</b>							
Ургальское	Колебания гидродинамического режима торфяников и вулканическая деятельность	Матовые, полуматовые, с прослоями полублестящих и маломощных блестящих углей	Тонко рассеянные обломки, линзовидные скопления, тонкие прослойки	Г <sub>1</sub> -Д <sub>2</sub>	Сидерит, пирит, марказит, лимонит	До 0,5%	2-4
Ургал-Солони	Колебания гидродинамического режима торфяников и вулканическая деятельность	Матовые, полуматовые, с прослоями полублестящих и маломощных блестящих углей	Тонко рассеянные обломки, линзовидные скопления, тонкие прослойки	Д, ДВ	Сидерит, пирит	До 0,5%	6,2
<b>МЕСТОРОЖДЕНИЯ РАЗДОЛЬНЕНСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА</b>							
Липовецкое	Торфяно-болотный фациальный комплекс при стабильной тектонической нагрузке в условиях химического выветривания	Полублестящие, полуматовые, матовые	Тонко рассеянные обломки, линзовидные скопления, тонкие прослойки	Г-Д	Пирит, сидерит,	До 0,5%	0,72-2,37
Ильичевское	Торфяно-болотный фациальный комплекс при стабильной тектонической нагрузке в условиях химического выветривания	Полублестящие, полуматовые, матовые	Тонко рассеянные обломки, линзовидные скопления, тонкие прослойки	Г-Д	Пирит, сидерит,	До 0,5%	2,46-4,19
<b>ПАРТИЗАНСКИЙ УГОЛЬНЫЙ БАССЕЙН</b>							
Промышленная угленосная площадь	Преобладание озерных и озерно-болотных фаций, фаций обводненных застойных болот	Блестящие, полублестящие	Сидерит: мелкие скрытокристаллические образования овальной формы. Пирит: мелкозернистые образования правильной округлой формы. Линзы, приуроченные к кровле угольного пласта	От газовых до антрацитов	Сидерит, пирит	До 0,5%	1,1-4,4

ХАСАНСКОЕ БУРОУГОЛЬНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ							
Хасанское буроугольное место- рождение	Осадконакопление в обводненных болотах с неустойчивым динамическим режимом. Эпизодическое влияние прибрежно-морских условий и застойного озерного режима осадконакопления	Полуматовые, матовые	Сидерит: мелкие скрытокристаллические образования овальной формы. Пирит: мелкозернистые образования правильной округлой формы. Линзы, приуроченные к кровле угольного пласта	Д	Сидерит, пирит	До 0,5%	2-4
МЕСТОРОЖДЕНИЯ УГЛОВСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА							
Тавричанское	Преобладающая роль прибрежно-морских условий осадконакопления в условиях опресненных лагун, частично осадконакопление в условиях проточности болот	Блестящие, полублестящие, полуматовые, матовые	Мелкие скрытокристаллические образования овальной формы	Д	Сидерит	До 0,5%	0,5 (пл. Конноховский) 13,8 (пл. Тонкий)
Артемовское	Фации проточных и застойных озер, руслово-обводненных болот	Полублестящие и полуматовые (50-75%), матовые (20-30%).	Мелкие скрытокристаллические образования овальной формы	Д	Сидерит, пирит	До 0,5%	2,02-3,69
Шкотовское	Фации проточных и застойных озер, руслово-обводненных болот	Полуматовые, матовые	Мелкие зерна	Д	Сидерит, пирит	До 0,5%	2,13-4,66
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХАНКАЙСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА							
Павловское	Фации обводненных застойных, периодически проточных и сильно проточных, иногда заиливающихся болот	Матовые, реже полуматовые	Мелкие зерна	Д	Сульфиды железа	До 0,5%	0,8-18
Раковское	Осадконакопление в обводненных восстановительных условиях, болотный, частично озерный режим	Матовые, реже полуматовые	Мелкие зерна	Д	Пирит	До 0,5%	0,7-23,8
Реттиховское	Фации руслово-пойменного комплекса проточных болот	Полуматовые, матовые	Мелкие зерна	Д	Сульфиды железа	Менее 1%	1,91-5,04
Чернышевское	Фации обводненных застойных и проточных болот	Матовые, полуматовые	Мелкие зерна	Д	Пирит	До 0,5%	5,6-29,1
МЕСТОРОЖДЕНИЯ БИКИНО-УССУРИЙСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА							
Бикинское	Фации застойных, обводненных пойменных болот, озерно-болотные фации	Матовые, полуматовые, полублестящие	Мелкие зерна	ЗБ-В	Пирит	До 0,5%	3,7-5,1

МЕСТОРОЖДЕНИЯ АМУРО-ЗЕЙСКОГО БУРОУГОЛЬНОГО РАЙОНА							
Райчихинское	Осадконакопление в условиях проточных озер	Матовые, полуматовые	В виде микростяжений	2БВ	Сидерит	До 0,5%	2–8,45
Архаро-Богучанское	Фации болот различной проточности	Матовые, полуматовые	В виде микростяжений	2БВ	Сульфиды железа	До 0,5%	3–15
Ерковецкое	Руслово-пойменные и озерно-болотные фации	Матовые, полуматовые	В виде микростяжений	2БВ, 2БФ	Сульфиды железа	До 0,5%	5–15,2
Сергеевское	Руслово-пой-менные и озерно-болотные фации	Матовые	В виде микростяжений	2БВ	Сульфиды железа	До 0,5%	8,4–12,3
Тыгдинское	Руслово-пой-менные и озерно-болотные фации	Матовые, полуматовые	В виде микростяжений	1Б	Сульфиды железа	До 0,5%	11,8
МЕСТОРОЖДЕНИЯ СРЕДНЕ-АМУРСКОГО БУРОУГОЛЬНОГО БАССЕЙНА							
Ушумунское	Руслово-пойменные фации	Матовые	В виде микростяжений	2БВ	Сульфиды железа	До 0,5%	–
Лианское	Руслово-пойменные и озерно-болотные фации	Матовые	В виде микростяжений	2БВ	Сидерит	До 0,5%	–
Хурмулинское	Руслово-пойменная фация	Матовые	В виде микростяжений	1Б	Сидерит	До 0,5%	–
УГЛЕНОСНЫЕ РАЙОНЫ							
Гербикано-Огоджинский район	Руслово-пойменные фации	Матовые, полуматовые	В виде мелких зерен	Д, СС, Т, А	Сульфиды железа	0,1–2%	–

Примечание. Таблица составлена автором по опубликованным [3, 4, 6] и мондовым материалам Приморского филиала Территориального фонда геологической информации по Дальневосточному федеральному округу: месторождения Буреинского каменноугольного бассейна (В.И. Толстов, Ю.Г., Морозов, В.И. Подолян, А.И. Гресов и др.); Липовецкое месторождение (В.И. Подолян, Ю.Е. Белоусов, В.И. Пчелкин и др.); Ильичевское месторождение (В.И. Подолян, А.К. Седых, Н.Г. Мизь и др.); Партизанский угольный бассейн (А.К. Седых, В.Б. Морозов, Н.Г. Мизь, А.В. Олейников и др.); месторождения Угловского угольного бассейна (В.В. Медведев, А.К. Седых и др.); месторождения Ханкайского угольного бассейна (Я.В. Медведев, А.К. Седых, В.А. Челпанов и др.); месторождения Бикино-Уссурийского угольного бассейна (Ш.Г. Ульмясбаев, А.К. Седых, В.В. Левицкий и др.); месторождения Амуро-Зейского буроугольного месторождения (В.И. Подолян, В.И. Малыгин, О.Н. Кожура, Ю.И. Опарин, Т.Н. Елисафенко и др.); месторождения Средне-Амурского буроугольного бассейна (В.И. Подолян, В.И. Малыгин, Ш.Г. Ульмясбаев и др.); Гербикано-Огоджинский угленосный район (В.И. Подолян, В.И. Малыгин и др.).

Выполненный аналитический обзор количественного и качественного содержания железистых минералов в углях и отдельных типов пород дальневосточных угленосных формаций в зависимости от зольности и вещественного состава показал: содержание  $Fe_2O_3 + FeO$  в золе изменяется от 0,4 до 29%, закономерно увеличиваясь от матовых до блестящих разностей. Максимальное содержание данных железосодержащих компонентов отмечается в золе блестящих углей Буреинского каменноугольного бассейна, полуматовых углей Раковского и Чернышевского буроугольных месторождений. Минимальное (не более 1%) содержание  $Fe_2O_3 + FeO$  характерно для матовых углей Буреинского каменноугольного бассейна и углей Тавричанского буроугольного месторождения (пласт Конюховский). В естественном залегании содержание железистых минералов (сидерит, пирит, марказит, лимонит) не превышает 2% от общей угольной массы. (Неравномерность в содержании железистых минералов полуматовых и матовых углей, по мнению В.В. Крапивенцевой, может быть объяснена различным соотношением терригенного и пирокластического материала в их составе [3, 6].) Количество железосодержащих компонентов в породах углевмещающей толщи колеблется от 0,5 до 29%. В сидерито-углистых породах,

представленных сильно измененным карбонатизированным углистым туфом, содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$  может доходить до 40–77,4% (Буреинский каменноугольный бассейн) [3, 4]. Представленный анализ содержания и распределения железосодержащих компонентов в углях Дальнего Востока России перспективен для петрофизических исследований терромагнитных свойств угля, которые, в свою очередь, могут быть использованы при разработке дистанционных технологий мониторинга продвижения огневого забоя при обработке угольных пластов методами управляемого сжигания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кизильштейн Л.Я. Геохимия и термохимия углей. Ростов н/Д.: Изд-во Ростов. ун-та, 2006. 252 с.
2. Кондырев Б.И., Белов А.В., Гребенюк И.В. Перспективы применения технологии подземной газификации угля на месторождениях Дальнего Востока с получением газа-сырья для синтеза жидкого топлива // Уголь. 2008. № 10. С. 36–37.
3. Крапивенцева В.В. Угленосная формация Буреинского бассейна. М.: Наука, 1979. 145 с.
4. Крапивенцева В.В. Атлас типов углей Приамурья. Владивосток: Дальнаука, 2007. 312 с.
5. Крейнин Е.В. Нетрадиционные термические технологии добычи трудноизвлекаемых топлив: уголь, углеводородное сырье. М.: Газпром, 2004. 302 с.
6. Угольная база России. Т. 5, кн. 1. Угольные бассейны и месторождения Дальнего Востока (Хабаровский край, Амурская область, Приморский край, Еврейская АО). М.: Геоинформарк, 1997. 337 с.
7. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Неорганическое вещество углей. Екатеринбург: УРО РАН, 2002. 238 с.
8. Seredin V.V. Metalliferous coals of Primorye region. Metallogeny of the Pacific north-west: tectonics, magmatism and metallogeny of active continental margins. Vladivostok, Dalnauka, 2004, p. 540–543.

THIS ARTICLE IN ENGLISH SEE NEXT PAGE

Selivanova T.V.

TATYANA V. SELIVANOVA, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor, Sub-Department of Geology, Geophysics and Geoecology, School of Engineering, Far Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: Selivanova\_d@mail.ru.

## Iron-containing minerals in the coal of the deposits of the Russian Far East

The article presents the quantitative and qualitative analysis of the iron-containing minerals in the coal and in some types of rock of the Russian Far-Eastern coal formations according to ash content and mineral composition. The received data on the content and distribution of iron-containing substances are of interest for petro-physical researches of coal magnetic properties under the action of high temperatures. The results of the researches may be used to elaborate distance monitoring technologies for advancing fire face when working out coal beds by way of prescribed burning.

*Key words:* coal, iron-containing mineral, Far-Eastern coal deposits.

### REFERENCES

1. Kizil'shtein L.Y. Geo-chemistry and thermo-chemistry of coal. Rostov on/D., Rostovskiy university press, 2006. 252 p. (in Russ.). [Kizel'shtein L.Y. Geokhimiya i termokhimiya uglei. Rostov na/D.: Izdatel'stvo Rostovskogo universiteta, 2006. 152 s.].
2. Kondyrev B.I., Belov A.V., Grebenuk I.V. Applicability UCG technology of gas production for oil-fuel synthesis perspectives for Far-eastern deposits. *Coal*. 2008;10:36-37. (in Russ.). [Kondyrev B.I., Belov A.V., Grebenjuk I.V. Perspektivy primeneniya tekhnologii podzemnoy gazifikatsii ugly na mestorozhdeniyah Dal'nego Vostoka s polucheniem gaza-cyr'y dly sinteza zhidkogo topliva // *Ugol'*. 2008. № 10. S. 36–37].
3. Krapiventseva V.V. Coal formation of Bureinsk's coal basin. M., Nauka, 1979, 145 p. (in Russ.). [Krapiventseva V.V. Uglenosnyye formatsiy Bureinskogo basseina. M.: Nauka, 1979. 145 s.].
4. Krapiventseva V.V. Atlas of Priamuriy's typical coal. Vladivostok, Dalnauka, 2007, 312 p. (in Russ.). [Krapiventseva V.V. Atlas tipov uglei Priamur'ya. Vladovostok: Dal'nauka, 2007. 312 s.].
5. Kreynin E.V. Non-conventional terminal technologies of hard quarry fuel digging. M., Gasprom Press, 2004, 302 p. (in Russ.). [Kreynin E.V. Netraditsionnyye termicheskiye tekhnologii dobychi trudnoizvlekaemykh topliv: ugot', uglevodorodnoye syr'e. M.: IRC Gazprom, 2004. 302 s.].
6. The coal base of Russia. Vol. 5 (1). Coal basins and deposits of Far East (Khabarovsk region, Amurskay province, Primorskiy region, Jewish autonomous province). M., Geoinformark, 1997, 337 p. (in Russ.). [Ugol'nay baza Rossii. T. 5, kn.1. Ugol'nye basseiny i mestorozhdeniy Dal'nego Vostoka (Habarovskiy krai, Amurskay oblast', Primorskiy kray, Evreiskay avtonomnaya oblast'). M.: Geoinformark, 1997. 337 s.].
7. Ydovich Y.E., Ketris M.P. Coal un-organics. Ekaterinburg: Ural branch of Russian Academy of science, 2002. 238 p. (in Russ.). [Ydovich Y.E., Ketris M.P. Neorganicheskoye vezhestvo uglei. Ekaterinburg: URO RAN, 2002. 238 s.].
8. Seredin V.V. Metalliferous coals of Primorye region. Metallogeny of the Pacific north-west: tectonics, magmatism and metallogeny of active continental margins. Vladivostok, Dalnauka, 2004, p. 540-543.