

СИНКРИОГЕННЫЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ

В.Е. Глотов, Л.П. Глотова

*Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт имени Н.А. Шило ДВО РАН,
685000, Магадан, ул. Портовая, 16, Россия; geocol@neisri.ru, glotova@neisri.ru*

Рассмотрены становление и развитие криолитозоны на Северо-Востоке России, которые привели к возникновению новых видов полезных ископаемых, названных нами синкриогенными, – это ископаемые угли, неполно окисленные в толще многолетнемерзлых пород при дефиците кислорода и воды; россыпное золото, рождаемое при сезонном промерзании и оттаивании; скопления торфа, возникающие на близповерхностном криогенном водоупоре.

Северо-Восток России, криолитозона, криософия, синкриогенные полезные ископаемые, окисленные ископаемые угли, россыпное золото, торф

SYNCRYOGENIC MINERALS IN THE NORTHEAST OF RUSSIA

V.E. Glotov, L.P. Glotova

*North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute, FEB RAS,
685000, Magadan, Portovaya str., 16, Russia; geocol@neisri.ru, glotova@neisri.ru*

Formation and development of the permafrost zone in the Northeast of Russia provided the emergence of new types of minerals, called by the authors as syncryogenic. Among them there are: fossil coals partially oxidized due to oxygen and water deficits in the permafrost formations; placer gold formed at seasonal freezing and thawing; peat accumulated at the near-surface cryogenic aquifuge.

Northeast of Russia, permafrost, cryosophy, syncryogenic minerals, oxidized fossil coal, placer gold, peat

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в общем комплексе наук о криосфере активно формируется новое научное направление – *криософия*, в рамках которой изучают *криоразнообразие*, т. е. совокупность объектов и явлений, связанных с холодом и фазовыми переходами воды [Мельников и др., 2013]. Составной частью криоразнообразия является *криогенный ресурс* – источник новых видов сырья для производства нужной людям продукции, нанотехнологий, новых способов хранения и транспортировки газов, утилизации парниковых газов и т. д. [Мельников, Геннадик, 2011; Мельников, 2012, 2014].

Цель настоящей работы – показать, что на Северо-Востоке (СВ) России имеются такие элементы криогенного ресурса (полезные ископаемые), условия образования и свойства которых обусловлены совокупностью процессов и явлений, связанных с сезонными и многолетними промерзанием и оттаиванием толщи многолетнемерзлых пород, с повсеместным близповерхностным залеганием криогенного водоупора.

Материалы для исследования получены при многолетних полевых, лабораторных и камеральных работах авторов статьи на СВ России. Используются также труды геологов и гидрогеологов

бывшего ПГО “Севостокгеология”. Результаты их исследований частично опубликованы, частично представлены рукописными отчетами, хранящимися в Магаданском филиале Территориального фонда геологической информации.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ и обобщение результатов геологических работ, выполненных на СВ России за последние 80 лет, позволили выделить полезные ископаемые, формирование которых происходило при становлении и развитии мерзлой толщи в четвертичное время. Это дает основание считать такие полезные ископаемые синкриогенными (*лат.: син (syn) – неотделимо*). В числе их мы рассматриваем преобразованные в криолитозоне ископаемые угли или сформированные скопления россыпного золота и торфа (рис. 1).

Синкриогенно-окисленные угли. Основанием для выделения ископаемых углей, окисленных в криогенной толще, в самостоятельную разновидность полезного ископаемого послужили работы О.Б. Максимова [1948, 1949]. Он впервые обратил внимание на то, что в результате выветривания многолетнемерзлых углей в естественном залегании происходит их обогащение низкомолекуляр-

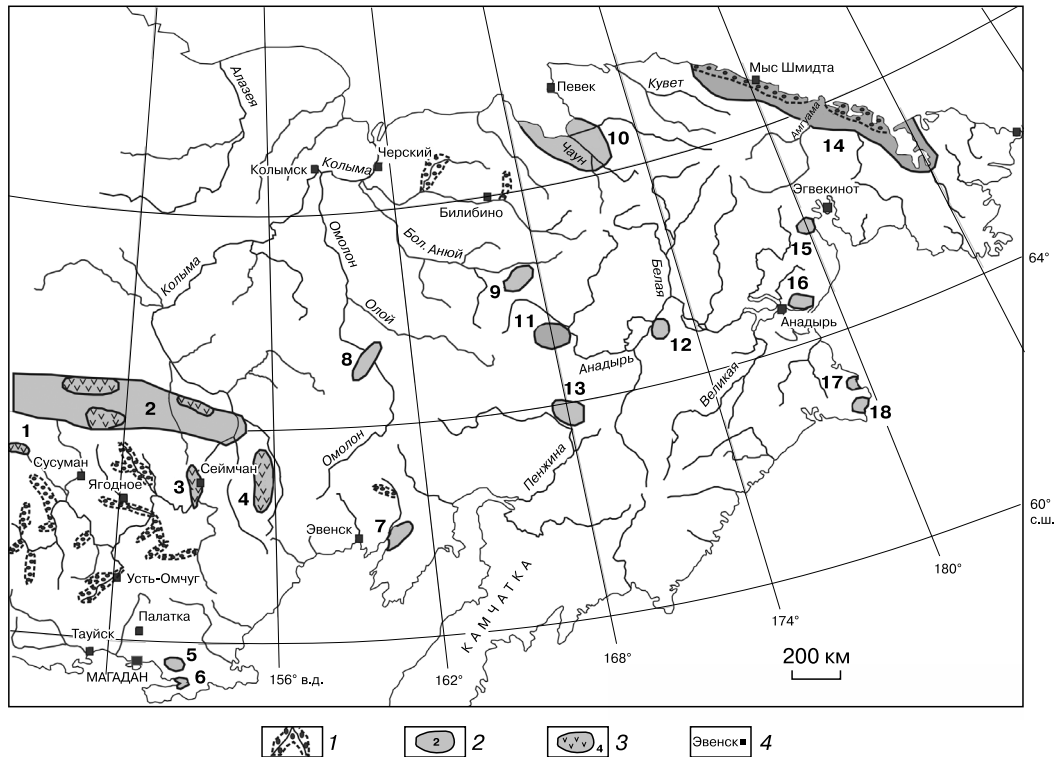
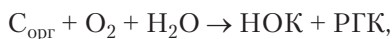


Рис. 1. Схема распространения месторождений синкриогенно-окисленного угля и синкриогенных россыпей золота:

1 – площади речных долин и прибрежных районов с проявлениями синкриогенных россыпей; 2 – угленосные бассейны, перспективные на месторождения синкриогенно-окисленных углей, в том числе: 1 – Аркагалинский, 2 – Индигиро-Зырянский, 3 – Эльгенский, 4 – Омсукчанский, 5 – Ланковский, 6 – Мелководненский, 7 – Авековский, 8 – Омолонский, 9 – Анюйский, 10 – Чаунский, 11 – Марковский, 12 – Эльденерский, 13 – Пенжинский, 14 – Ванкаремский, 15 – Эгвекино-ский, 16 – Анадырский, 17 – Беринговский, 18 – Амаамский; 3 – площади в угленосных бассейнах с доказанным развитием синкриогенно-окисленных углей; 4 – основные населенные пункты.

ными органическими кислотами (НОК): уксусной бензолкарбоновой, щавелевой и др., и регенерированными гуминовыми кислотами (РГК). В последние годы другие исследователи показали, что окисление (или выветривание) угля в криолитозоне широко распространено и простирается до глубины 50–60, реже до 100 м [Караваяв и др., 1965]. Механизм проникновения кислорода в льдистые пласты угля слабо изучен, но факт окисления углей в мерзлом состоянии не подлежит сомнению и доказывается присутствием в них мелантерита ($Fe_2SO_4 \cdot 7H_2O$) и свободных органических кислот. При дефиците кислорода и при отсутствии гравитационной воды процесс окисления мерзлого угля по О.Б. Максимуму [1948] описывается формулой



где $C_{орг}$ – органическая масса угля.

Содержание НОК, являющихся смесью окси- и кетокислот, достигает 10 %, в том числе бензолкарбоновых – до 3.5 %, уксусной – до 1.5 %, РГК –

до 75 %. Одновременно угли, окисленные в криогенной толще, снижают свои товарные качества как энергетического сырья почти на 50 % [Геология..., 1962]. Поэтому при добыче большая часть такого угля сбрасывается в отвалы, способствуя загрязнению атмосферы и гидросферы. Вместе с тем синкриогенно-окисленный уголь является сырьем для добычи низкомолекулярных органических и регенерированных гуминовых кислот. Извлекать НОК из окисленных мерзлых углей и использовать в химической промышленности первым предложил О.Б. Максимум [1949].

Современные научные исследования показали, что комплекс окси- и кетокислот и РГК углей относится к числу биологически активных препаратов, которые находят применение в бальнеологии, в том числе и при онкозаболеваниях, при переработке нефтепродуктов, при извлечении золота и руды на золотоизвлекательных фабриках и т. д. [Перминова, 2008; Применение..., 2012].

Синкриогенные россыпи золота. Основанием для выделения данной разновидности полезного

ископаемого послужили реальные факты регенерации отработанных россыпей за 15–20 лет, в том числе геологически необъяснимые превышения в 2–3 раза количества добытого из россыпей золота над его разведанными запасами. Такие случаи отмечены в бассейнах рек Оротукан (руч. Загадка), Ларюковая, Герба (ручьи Солнечный, Журба, Казак), в которых золото добывают более 80 лет. Устойчивость массы золота, добываемого в течение длительного времени из многократно переваемых техногенных месторождений, нельзя объяснить только недоработками или ошибками при геологических расчетах и при добыче [Шило, 2000; Флеров, 2003]. Наиболее признанным криогенным процессом обогащения техногенных россыпей золота является дезинтеграция сростков золотин с другими минералами при сезонном промерзании–оттаивании гале-эфельных отвалов на отработанных россыпях. Однако постоянное возобновление ресурсов россыпного золота происходит преимущественно за счет криогеохимических процессов. Прямым доказательством таких процессов накопления “весового” золота в отвалах является находка А.В. Альшевским (СВКНИИ ДВО РАН) в августе 1979 г. “золотой лопаты” в пойме руч. Сентябрьский (бассейн р. Тенька) в отвале на площади россыпи, отработанной старателями в середине 1960-х гг. В музее СВКНИИ ДВО РАН хранится фрагмент этой лопаты. Зерна золота размерами в несколько миллиметров удалены, но хорошо со-

хранились золотые пленки – места контакта зерен с железной поверхностью лопаты.

Выявлены достаточно многочисленные факты миграции золота в надмерзлотных водах и накопления этого металла гидроксидами железа, водорослями или присутствие его в сульфатных солях, собранных с поверхности сульфидизированных пород (см. таблицу).

Процессы перехода золота в водный раствор впервые изучил С.С. Смирнов [1951], который показал, что в условиях зоны окисления сульфидных месторождений золото может растворяться, переноситься и аккумуляроваться. Развили его взгляды, а также экспериментально подтвердили растворение золота в воде, особенно при наличии солей окисного железа, и другие исследователи [Годовиков, 1975; Плюснин, Погребняк, 1979; Варшал и др., 1984].

В современной криогенной области химические агенты миграции золота могут быть активизированы процессами сезонного промерзания–оттаивания водонасыщенного приповерхностного слоя криолитозоны, в том числе за счет аномальных свойств талой воды, возникновения естественных электрических полей, криогенного метаморфизма подземных вод. Россыпеформирующая роль талой воды выявлена экспериментально с использованием изотопа ¹⁹⁵Au [Митрофанов и др., 1981]. Установлено, что дистиллированная вода при оттаивании десорбирует золото с твердой

Содержание золота в различных объектах, связанных с надмерзлотными водами*

№ п/п	Пробы – место; дата взятия	Формула химического состава воды	Содержание золота, г/т
1	Ржавчина [Fe ₂ O ₃ ·nH ₂ O; FeO(OH); Fe(OH) ₃] с поверхности трубы на правом берегу руч. Увал (бассейн р. Омчак); 20.08.2001 г.	M0.08 $\frac{SO_4 69HCO_3 30}{(Na+K)48Ca30Mg21}$ pH 6.8	0.75
2	Слой Fe(OH) ₃ на дне выскочки воды из пиритизированных глинистых сланцев (Т _{3п}) у подножия склона долины р. Герба; 15.08.2001 г.	M0.05 $\frac{SO_4 60HCO_3 36}{(Na+K)73Mg15Ca12}$ pH 6.8	0.4
3	Скопления нитчатых водорослей в русле нижнего течения руч. Казак; 04.08.2001 г.	M0.2 $\frac{HCO_3 52SO_4 27Cl21}{Ca48(Na+K)25Mg25}$ pH 6.5	0.4
4	Слой Fe(OH) ₃ вблизи выхода воды на склоне руч. Гольцовый (бассейн р. Малый Ат-Урях)	M0.76 $\frac{SO_4 61HCO_3 38}{Ca63Mg37}$ pH 7.4	1.03
5	Выцветы солей у подножия эфельных отвалов в долине руч. Загадка; 02.09.2001 г.	–	0.12
6	Источники надмерзлотных вод в долине руч. Павлик (площадь золоторудного месторождения); 21.08.2001 г.	M0.11 $\frac{SO_4 62HCO_3 37}{(Na+K)40Ca31Mg29}$ pH 6.2	0.09 мкг/дм ³

* Анализы выполнены в СВКНИИ ДВО РАН, в том числе – гидрохимические, аналитик Д.С. Кротова; атомно-адсорбционные, аналитик В.П. Колесова.

фазы, что объясняется увеличением геохимической агрессивности талой воды. В течение полусуток это свойство теряется, и золото из раствора выпадает в осадок или сорбируется. Данный процесс реализуем в естественной обстановке при оттаивании сезонноталого слоя (СТС) на склонах горных долин. Золото, сорбированное на рыхлых склоновых отложениях, переходит в воду и мигрирует к днищу речной долины, где осаждаются на имеющихся микрозолотинах.

Проявления аномальных свойств талой воды может быть усилено естественными катодными явлениями, возникающими при промерзании–оттаивании. Величина естественной разности потенциалов на границе талых и оттаивающих грунтов в Анадырской низменности в отдельных случаях достигала 1055 мВ [Глотов, 1989]. Разрядные токи, способствующие миграции и аккумуляции золота, возникают и при замерзании воды [Шавлов, 1996; Workman, 1954]. Вследствие этих катодных явлений устойчивые в водорастворенном состоянии соединения золота разрушаются с образованием самородных наноразмерных частиц. Они высаживаются на уже имеющиеся золотины, образуют пленки на кристаллах льда. Впервые такие пленки описаны С.Л. Шварцевым [1976].

Можно предполагать, что важным процессом, контролирующим аккумуляцию золота в россыпях, является криогенная метаморфизация химического состава природных вод. Содержание золота в водах СТС к концу теплого периода года изменяется в пределах $(0.5-1) \cdot 10^{-3}$ мг/дм³. При промерзании водоносных слоев общая минерализация воды и содержание золота увеличиваются в несколько, иногда в десятки раз. Гидрогеохимическая роль и значимость этого процесса практически не изучены, но привлекают к себе внимание многих исследователей. Можно полагать, что криогенное увеличение содержания растворенного золота приводит к сорбции его на поверхности золотин или оксидов железа. Во всех случаях источником благородного металла в водных растворах служат зоны гидротермальной минерализации, золоторудные объекты и сингенетичный пирит в глинистых и песчано-глинистых сланцах пермско-юрского возраста. Содержание золота в пирите из осадочных толщ составляет 37–60 мг/т, а в пирите из кварцевых жил – 75–100 мг/т [Ворошин, 1992; Сидоров, Томсон, 2000]. Существование источников золота, естественных процессов его миграции в водных растворах, выпадение в осадок или сорбция на поверхности минеральных частиц позволили обосновать возможность формирования “гидрогенных россыпей золота” [Росляков, 1981; Таусон и др., 1989; Абрамов и др., 2003; Дутова и др., 2006]. Анализ перечисленных работ свидетельствует, что “гидрогенные россыпи” приурочены к криогенной области в пределах границ в экст-

ремально холодные криохроны плейстоцена по С.М. Фотиеву [2013]. Таким образом, можно считать, что в числе генетических типов россыпей, развитых в этой области, важное место занимают и синкриогенные. Совокупность накопленных фактов о проявлениях россыпегенерирующих криогенных процессов позволяет сформулировать проблему техногенного регулирования этими процессами и воссоздания антропогенных месторождений россыпного золота.

Синкриогенные торфяные скопления. Специфика их по сравнению с залежами во внемерзлотных районах заключается в характере распространения растений-торфообразователей, геоморфологическом разнообразии участков с торфяными скоплениями, торфогенерирующих процессов. В криолитозоне слабо проявлено видовое различие растений-торфообразователей, связанное с характером минерального питания. Это обусловлено низкой минерализацией (менее 100 мг/дм³) природных вод, питающих болота. На участках же круглогодичной разгрузки минерализованных подмерзлотных вод в зимнее время развиваются наледи, уничтожающие растительность [Толстухин, 1974]. Растения-торфообразователи преимущественно олиготрофные, поэтому синкриогенные месторождения сложно разделить на общепринятые низинные, переходные и верховые [Справочник..., 1982]. Среди торфяных скоплений отсутствуют лесные и лесотопяные виды. Обычно залежи торфа – топяные травяно-моховые и моховые.

Геоморфологическая специфика связана с тем, что в жестких климатических условиях Северо-Востока РФ величина опада растений во всех экосистемах превышает скорость его разложения. Это приводит к накоплению растительных веществ как на избыточно увлажненных, так и на дренируемых участках на всех элементах рельефа. При отсутствии избыточного увлажнения происходит процесс “сухого” торфонакопления. Толщина “сухого” торфа колеблется от 26 см на лишайниково-моховых арктолесьях [Берман и др., 1972]. Накопленный “сухой” торф поглощает влагу, что приводит к развитию на его поверхности растений-торфообразователей и скоплений обычного мохового торфа.

Своеобразны по генезису скопления торфа на перегибах горных склонов. В этих местах из-за близкого расположения криогенного водоупора возникают линейные очаги разгрузки вод СТС, что приводит к избыточному увлажнению и заболачиванию склона ниже очага разгрузки подземных вод. Образуется “висячий торфяник” мощностью до 0.7–1.0 м, сложенный моховым торфом с малой степенью разложения, объемом до первых десятков тысяч кубических метров (рис. 2).

Наиболее крупные месторождения торфа выявлены на равнинах и в межгорных впадинах (рис. 3). Чаще всего они приурочены к самозарастающим котловинам спущенных термокарстовых озер, которые служат местными очагами концентрации стока надмерзлотных вод, к равнинам и низменностям (Анадырско-Пенжинская, Восточно-Сибирская, Индигиро-Зырянская и др.). Аккумуляторами подземных вод СТС могут быть и понижения между моренными грядами, полосы стока на поверхности тундр.

Общие геологические запасы торфа СВ России оценены нами в 2 млрд т в воздушно-сухом состоянии [Готов и др., 2003].

Еще одно отличие торфогенерирующих процессов в криолитозоне от внемерзлотных районов состоит в том, что сезонное оттаивание в торфяных массивах обычно не превышает 0.5 м (в пределах слоя торфогенерации) [Тюремнов, 1976], т. е. сингенетично промерзает слаборазложившийся торф. Фактически в основании разведанных торфяных месторождений залегает средне- или хорошо разложившийся торф с содержанием гуминовых веществ до 50 %. По нашему мнению, это свидетельствует о протекании малоизученного процесса неполного окисления органических веществ в мерзлом состоянии, подобного выявленному в мерзлых углях. Следствием этого процесса явля-

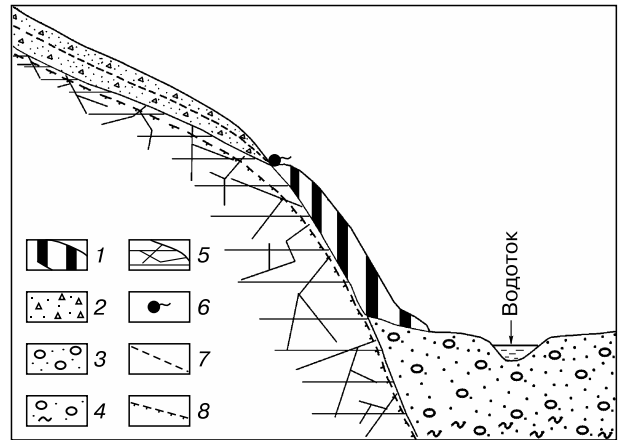


Рис. 2. Схема образования скоплений торфа на горном склоне:

1 – торф; 2 – щебенчато-дресвяные склоновые отложения; 3 – аллювиальные песчано-гравийно-галечниковые отложения; 4 – то же, с примесью глинистых частиц; 5 – гипергенно-трещиноватые скальные породы; 6 – выходы подземных вод СТС; 7 – уровень грунтовых вод СТС; 8 – кровля многолетнемерзлых пород.

ется обогащение мерзлого торфа гуминовыми и низкомолекулярными органическими кислотами. Наличие этих кислот в торфе подтверждено нами

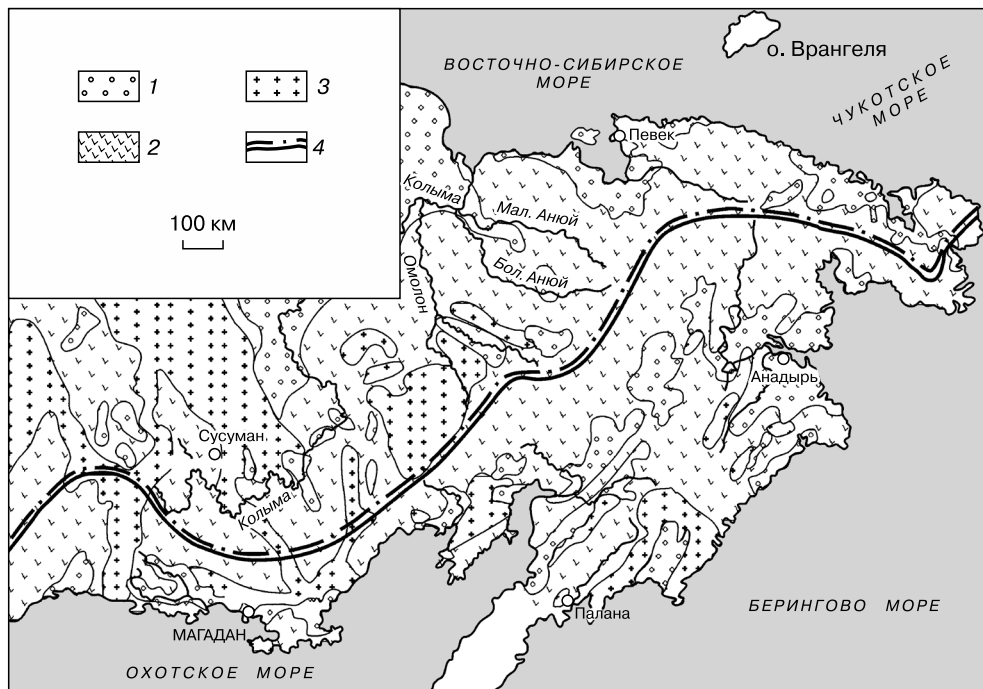


Рис. 3. Торфоносные районы Северо-Востока России:

1 – высокоперспективные (низины); 2 – перспективные: месторождения возможны везде, кроме гольцового пояса (сглаженное низкогорье с выположенными водоразделами); 3 – малоперспективные: месторождения возможны на перегибах склонов и в днищах речных долин (расчлененные горы); 4 – Главный водораздел Земли.

при изучении сезонноталого слоя в Анадырской и Хатырской низменностях [Глотов, Щербань, 1989]. Отметим, что слабо изучены торфогенерирующие следствия сезонной газогеохимической цикличности в СТС на торфяных массивах [Глотов, 1992]. Эта цикличность проявляется в сезонной смене окислительной обстановки на восстановительную с соответствующей перестройкой всего комплекса биогеохимических реакций. Установлены газогеохимические следствия этих процессов, выявлена аккумуляция в торфе фенольных соединений в холодный период года.

В совокупности накопленные сведения об особенностях формирования скоплений торфа на СВ России, связанных с распространением близповерхностного криогенного водоупора и спецификой торфообразовательных процессов, позволяют выделить своеобразный генетический тип торфа – синкриогенный. Он отличается от торфа вневмерзлотных районов рядом повышенных качественных характеристик, в том числе отсутствием древесных остатков, значительной битуминозностью, аномально высокими сорбционными свойствами моховых видов слабообразованного торфа и др. Эти свойства позволяют использовать торф для изготовления растительного белка и корма для животных, торфоизоляционных плит и торфодерновых ковров и другой продукции, которая может быть востребована при освоении арктических и субарктических районов.

ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенная информация свидетельствует о том, что процессы сезонных и многолетних фазовых переходов воды вызывают появление новых свойств, в том числе потребительских, у известных полезных ископаемых, названных авторами синкриогенными. В их числе: ископаемые угли, неполно окисленные в толще многолетнемерзлых пород; торфяные залежи, накапливаемые в гумидном холодном климате благодаря близкому к поверхности залеганию криогенного водоупора и особенностям торфогенеза, протекающего как в сезонноталом, так и в мерзлом торфе. С криогенезом связано и постоянное возрождение запасов россыпного золота в техногенных россыпях. Такое золото авторы также относят к синкриогенным полезным ископаемым. Это в полной мере соответствует общим теоретическим представлениям о разнообразии геологических следствий криогенеза [Мельников и др., 2013].

Процессы криогенеза и перевода металлов в осадок из водных растворов можно технически контролировать. Поэтому намечается возможность создания искусственных ресурсов, например, синкриогенных окисленных углей и торфа для обогащения их биогенно-активными веществами и последующего использования в баль-

неологии. Существуют реальные предпосылки формирования антропогенных россыпей золота, возможно, и других металлов (урана, меди, редких земель).

Литература

- Абрамов В.Ю., Кирюхин В.А., Потапов А.А.** Особенности водной миграции золота и образования его гидрогенных россыпей // Материалы Всерос. совещ. по подземным водам Востока России. Иркутск, ИрГТУ, 2003, с. 94–97.
- Берман Д.И., Игнатенко И.В., Пугачев А.А.** О торфонакоплении в интенсивно дренируемых почвах Крайнего Северо-Востока СССР // Биологический круговорот в тундролесьях юга Магаданской области. Владивосток, ДВНЦ АН СССР, 1972, с. 134–135.
- Варшал Г.М., Велюханова Т.К., Баранова Н.Н.** Комплексообразование золота (III) с фульвокислотами и геохимическая роль этого процесса // Геохимия, 1984, № 3, с. 413–420.
- Ворошин С.В.** Золотое оруденение Аян-Юряхского антиклинария: геологическая позиция и сульфидное минералообразование: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Магадан, 1992, 26 с.
- Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР.** Т. 10. Угольные бассейны и месторождения Северо-Востока СССР и Камчатки / Под ред. Г.Г. Попова. М., Госгеолтехиздат, 1962, 403 с.
- Глотов В.Е.** Газогидрогеохимические изменения в сезонноталом слое на Северо-Востоке СССР // Комплексные мерзлотно-геологические исследования / Под ред. Н.П. Анисимовой. Якутск, ИМ СО АН СССР, 1989, с. 33–47.
- Глотов В.Е.** Газогеохимическая цикличность в сезонноталом слое низменностей криолитозоны // Докл. АН СССР, 1992, т. 325, № 1, с. 150–152.
- Глотов В.Е.** Торф Северо-Востока России / В.Е. Глотов, Л.П. Глотова, А.А. Пугачев. Магадан, СВНЦ ДВО РАН, 2003, 147 с.
- Глотов В.Е., Щербань О.В.** Новые данные о физико-химических свойствах почв Анадырской и Хатырской низменностей (Северо-Восток СССР) // Теория почвенного криогенеза: Тез. докл. V Всесоюз. конф. (Пушино, 5–10 февр. 1989 г.). Пушино, НЦ АН СССР, 1989, с. 67–68.
- Годовиков А.А.** Минералогия / А.А. Годовиков. М., Недра, 1975, 520 с.
- Дутова Е.М., Букаты М.Б., Неволько А.И., Покровский Д.С., Шварцев С.Л.** Гидрогенная концентрация золота в аллювиальных россыпях Егорьевского района (Салаир) // Геология и геофизика, 2006, т. 47, № 3, с. 364–376.
- Караваев Н.М., Венер Р.А., Григорьева К.В.** Водно-растворимые кислоты из окисленных углей зоны вечной мерзлоты // Докл. АН СССР, 1965, т. 161, № 5, с. 1197–1200.
- Максимов О.Б.** Физико-химическая характеристика аркагалинских углей // Колыма, 1948, № 2–3, с. 30–37.
- Максимов О.Б.** Выветривание каменных углей в зоне вечной мерзлоты // Материалы по геологии Северо-Востока СССР. Магадан, Сов. Колыма, 1949, вып. 6, с. 81–88.
- Мельников В.П.** Новейшие явления, концепции, инструментарий как фундамент для старта к новым горизонтам криологии // Криосфера Земли, 2012, т. XVI, № 1, с. 3–9.
- Мельников В.П.** К созданию цельного образа криосферы // Криосфера Земли, 2014, т. XVIII, № 4, с. 3–12.

- Мельников В.П., Геннадиник В.Б.** Криософия – система представлений о холодном мире // Криосфера Земли, 2011, т. XV, № 4, с. 3–8.
- Мельников В.П., Геннадиник В.Б., Брушков А.В.** Аспекты криософии: криоразнообразие в природе // Криосфера Земли, 2013, т. XVII, № 2, с. 3–11.
- Митрофанов А.И., Погребняк Ю.Ф., Королева Г.П.** О возможности влияния криогенных процессов на перераспределение золота в россыпях // Докл. АН СССР, 1981, т. 260, № 1, с. 202–205.
- Перминова И.В.** Гуминовые вещества – вызов химикам XXI века // Химия и жизнь, 2008, № 6, с. 50–55.
- Плюснин А.М., Погребняк Ю.Ф.** Экспериментальное изучение поведения золота в условиях зон окисления сульфидных месторождений // Геология руд. месторождений, 1979, № 1, с. 106–109.
- Применение** гуминовых веществ в медицине. Лечение онкологии. 2012. URL: <http://www.zdravniza.ru/forum/php?t=4148start=08postd> (дата обращения: 01.05.2013).
- Росляков Н.А.** Геохимия золота в зоне гипергенеза / Н.А. Росляков. Новосибирск, Наука, 1981, 238 с.
- Сидоров А.А., Томсон И.Н.** Рудоносность черносланцевых толщ: сближение альтернативных концепций // Вестн. РАН, 2000, т. 70, № 8, с. 719–724.
- Смирнов С.С.** Зона окисления сульфидных месторождений. Изд. 2 / С.С. Смирнов. М., Изд-во АН СССР, 1951, 334 с.
- Справочник** по торфу / Под ред. А.В. Лазарева, С.С. Корчунова. М., Недра, 1982, 760 с.
- Таусон Л.В., Ломоносов И.С., Глюк Д.С., Загоскин В.А., Королева Г.П.** О возможностях образования гидрогенных месторождений золота // Докл. АН СССР, 1989, т. 305, № 4, с. 960–964.
- Толстихин О.Н.** Наледи и подземные воды Северо-Востока СССР / О.Н. Толстихин. Новосибирск, Наука, 1974, 162 с.
- Тюремнов С.Н.** Торфяные месторождения / С.Н. Тюремнов. М., Недра, 1976, 488 с.
- Флеров И.Б.** Золото недр России: мифы, реалии, проблемы // Колымские Вести, 2003, № 22, с. 24–38.
- Фотиев С.М.** Подземные воды криогенной области России (классификация) // Криосфера Земли, 2013, т. XVII, № 2, с. 41–59.
- Шавлов А.В.** Лед при структурных превращениях / А.В. Шавлов. Новосибирск, Наука, 1996, 188 с.
- Шварцев С.Л.** Возможный механизм образования самородного золота в линзах льда // Изв. Том. политехн. ин-та, 1976, вып. 289, с. 107–109.
- Шило Н.А.** Учение о россыпях / Н.А. Шило. М., Академия горных наук, 2000, 632 с.
- Workman E.J.** On geochemical effects of freezing // Science, 1954, vol. 119, No. 3080, p. 73–74.

Поступила в редакцию
14 мая 2015 г.