

6. Шаров А.Г. Отряд Plecoptera. Веснянки // Основы палеонтологии: Членистоногие, трахейные и хелицеровые. Т. 9. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 134-138.
7. Berner R.A. Sedimentary pyrite formation: An update // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 1984. – V. 48., № 4. – P. 605-615. – DOI: 10.1016/0016-7037(84)90089-9.
8. Fitzpatrick R., Shand P., Raven M., McClure S. Occurrence and environmental significance of sideronatrite and other mineral precipitates in acid sulfate soils // 19th World Congress of Soil Science, Soil solutions for a Changing world, 1–6 august 2010. – Brisbane, 2010. – P. 80-83.

УДК 553.632 (470.53)

DOI:10.7242/echo.2022.4.2

К ВОПРОСУ ЭПИГЕНЕЗА ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СОЛЕЙ

Н.В. Лаврова

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: На примере региональных исследований территорий в условиях современной вечной мерзлоты рассмотрена возможность поступления инфильтрационных вод в покровные отложения и соляную толщу Верхнекамского месторождения в периоды оледенения и его деградации. Рассмотрены особенности циркуляции подземных вод в криогенных условиях. Проведена аналогия развития карстовых процессов в криогенной зоне горных стран и Восточной Сибири.

Ключевые слова: Верхнекамское месторождение, Соликамская депрессия, криогенная зона, многолетнемерзлые породы, дренажная система, ледниковый покров, перигляциальная зона, напорные подземные воды, мерзлотный карст, палеокриологические условия.

Масштабность изучения Верхнекамского месторождения (ВКМКС) в пределах Соликамской впадины в течение многих десятилетий предполагает практически полное представление о процессах его формирования и преобразования. Среди внутренних и внешних факторов эпигенеза соляной толщи взаимодействию солей с водными растворами отводится ведущая роль. Исследователями рассмотрены и описаны несколько источников вод, образующихся в результате элизионных, гидротермальных, дегидратационных и т.д. процессов; отмечаются латеральные и вертикальные пути миграции флюидов [1].

Надсолевые воды являются инфильтрационными, т.е. практически пресными, и по отношению к соляным породам они весьма агрессивны. Воздействие этих вод на соляную толщу определяется только их динамикой. Наиболее благоприятными путями проникновения инфильтрационных вод внутрь соляной толщи являются относительно мощные прослои глинисто-ангидритового материала, выходящие на соляное зеркало. Разгрузка вод, проникающих таким образом внутрь соляной толщи, осуществлялась скорее всего через зоны повышенной трещиноватости, выходы которых на соляное зеркало расположены ниже, чем головы глинисто-ангидритовых прослоев (рис. 1).

Поступления подсолевых элизионных вод внутрь соляной залежи месторождения обусловлено тремя механизмами: в соляной залежи существовали сублатеральные тектонические движения в направлении восток-запад, о чем свидетельствует западное опрокидывание складок всех порядков; кристаллический фундамент Соликамской впадины и отложения, залегающие непосредственно под соляной толщей, разбиты серией субвертикальных разрывных нарушений, по которым в послепермское время происходило перемещение блоков относительно друг друга; подсолевые отложения насыщены водами, давление которых, особенно на

элизионном этапе формирования бассейна, могло приближаться к литостатическому.

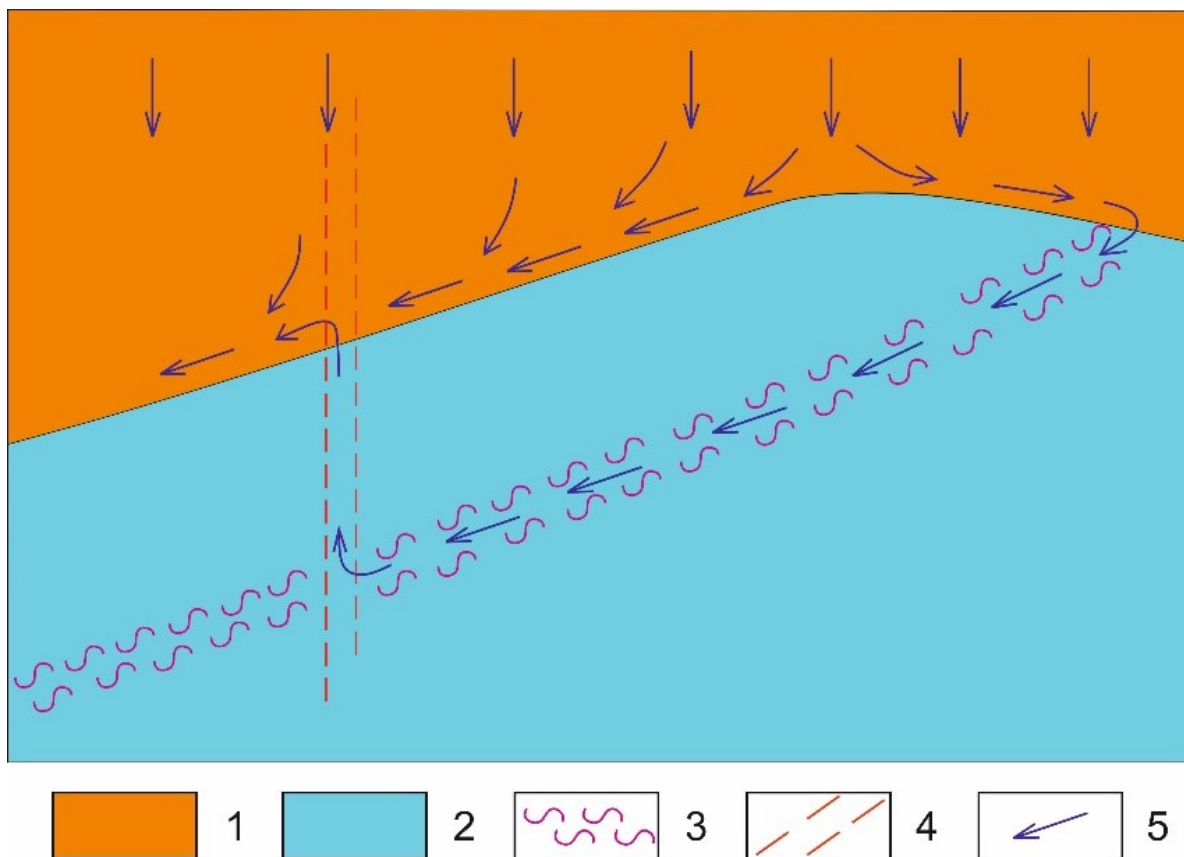


Рис. 1. Схема проникновения инфильтрационных вод внутрь соляной толщи.
1 – породы надсолевого комплекса; 2 – соляная толща; 3 – прослой глинисто-ангидритового материала;
4 – разрывное нарушение; 5 – направления движения вод

Мощным источником агрессивных вод является процесс дегидратации гипса с образованием ангидрита. При погружении осадков на глубины 200-400 м гипс переходит в ангидрит, при образовании 1 м^3 которого выделяется $0,783 \text{ м}^3$ воды. В разрезе ВКМКС имеется примерно 120 м ангидрита. Следовательно, при его образовании выделилось около 95 м^3 практически пресной воды на каждый квадратный метр соляной залежи [2].

По мнению автора, среди возможных механизмов поступления подземных вод в толщу соляной залежи можно рассмотреть их инфильтрацию в пределах месторождения в палеокриологических условиях.

В комплексе четвертичных отложений геологического разреза ВКМКС наряду с аллювиальными, делювиальными, элювиальными и т.д. выделены породы озерно-ледникового, ледникового, флювиогляциального генезиса с многочисленными следами вечной мерзлоты. Следовательно, физико-географический режим в районе месторождения в течение плейстоцена менялся несколько раз в зависимости от наступления оледенения и его деградации. Палеогидродинамические условия ВКМКС в плейстоцене можно сравнить с современными геокриологическими условиями Восточной Сибири. Многолетнемерзлые породы залегают здесь в зависимости от широты до глубины 70-600 м, далее ярус морозных пород мощностью 30-50 м; а затем охлажденные породы до глубины 720-1450 м [3]. Учитывая глубины залегания покровных отложений и частично

соляной толщ, Верхнекамское месторождение многократно находилось в зоне влияния вечной мерзлоты.

В условиях вечной мерзлоты создаются особые гидрогеологические условия. Так, при промерзании пород формируется постоянно перемещающийся вонодосный горизонт, выдержанность которого не зависит от литологических границ. Талое или мерзлое состояние горных пород, вмещающих подземные воды, в свою очередь будет зависеть от близости трещиноватых зон или таликов, куда будет происходить разгрузка подземных вод зачастую вне зависимости от базиса эрозии.

Еще одним немаловажным отличием подземных вод криолитозоны является их сезонная, многолетняя или многовековая напорность, которая может создаваться при перемежающемся расположении талых и мерзлых пород, как в плане, так и в вертикальном разрезе, вне артезианских структур [4]. В стадии сплошного оледенения непосредственно под ледниковым покровом условия циркуляции подземных вод будут весьма затрудненными. Однако при наступлении ледника или его деградации в перигляциальной зоне формируется своеобразная водообменная система. Агрессивные пресные воды будут циркулировать здесь по многочисленным сифонным каналам, зачастую на относительно небольших участках, приуроченным к зонам трещиноватости. Другими словами, создаются благоприятные условия для инициирования или развития карстовых процессов в многолетнемерзлых растворимых породах.

На начальной стадии проработки напорными водами образуются вертикальные каналы с характерными формами, описанными для гипогенного карста: купола, фидеры и т.д (рис. 2) [5]. В слоистых породах, слагающих ложе ледника Альдегонда (Западный Шпицберген), на радарограммах отмечены протяженные субвертикальные объекты, связанные с наличием здесь глубоких трещин или колодцев (рис. 3) [6]. Под современными ледниками горных систем также зафиксированы дренажные системы, уходящие до глубины 100-150 м [7]. О развитии интенсивных карстовых процессов в условиях многолетней мерзлоты в настоящее время сообщают исследователи карста Восточной Сибири. Среди особенностей выделяется связь с глубинными межмерзлотными и подмерзлотными водами, сопряженность с термокарстом, и т.д. [8].

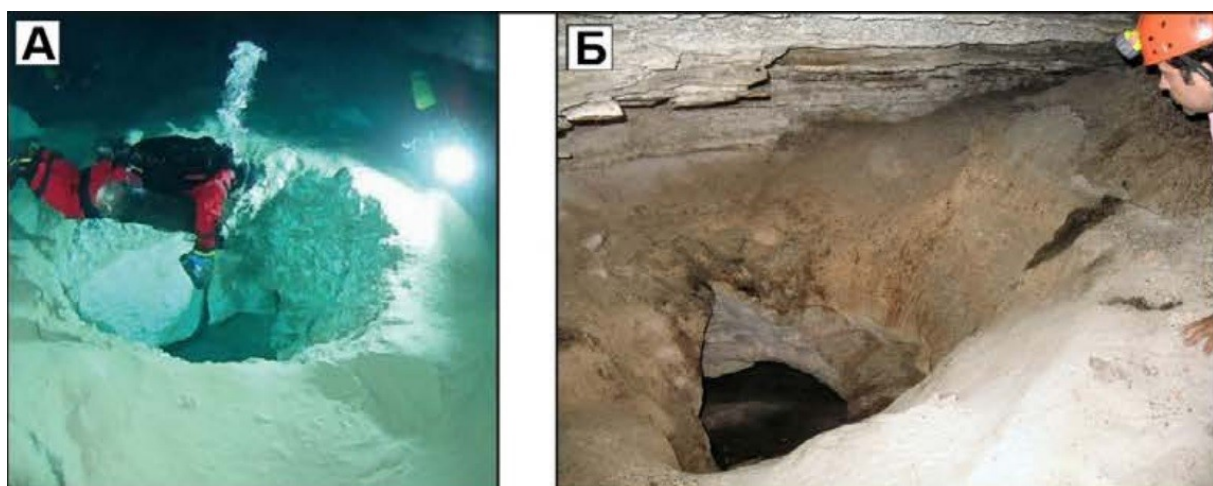


Рис. 2. Фидеры в гипогенных пещерах. А – пещера Ординская в пермских гипсах, Предуралье, Россия (фото П. Сивинских), Б – пещера Тока де Боа Виста в докембрийских известняках и доломитах, кратон Сан-Франциско, Бразилия

Карстовые, термокарстовые и отчасти элизионные процессы в палеокриологических условиях являются наиболее поздним проявлением эпигенеза в преобразовании соляной залежи ВКМКС и перекрывающих отложений.

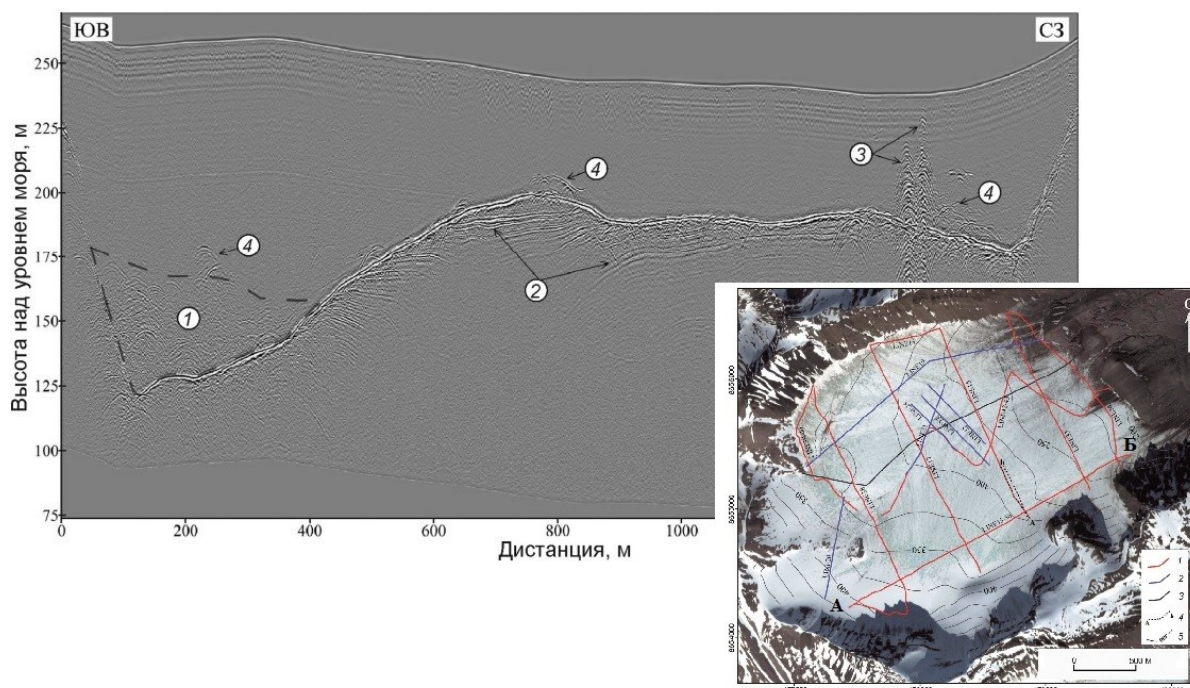


Рис. 3. Георадиолокационный разрез с введённым рельефом ледника Альдегонда (Западный Шпицберген)
1 – область распространения тёплого льда; 2 – геологические границы в породах, слагающих ложе ледника; 3 – вертикальные нарушения в леднике; 4 – возможное положение внутриледниковых каналов

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и образования РФ в рамках соглашения по государственному заданию № 075-03-2021-374 от 29 декабря 2020 г. (рег. номер 122012000400-0)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кудряшов А.И. Верхнекамское месторождение солей / ГИ УрО РАН. – Пермь, 2001. – 429 с.: ил.
2. Кудряшов А.И. Верхнекамское месторождение солей. – 2-изд., перераб. – М.: Эпсилон Плюс, 2013. – 368 с.
3. Алексеева Л.П., Алексеев С.В. Геохимия подземных льдов, соленых вод и рассолов Западной Якутии. – Новосибирск: Гео, 2019. – 213 с.: ил.
4. Вельмина Н.А. Особенности гидрогеологии мерзлой зоны литосферы. – М.: Недра, 1970. – 325 с.: ил.
5. Климчук А.Б. Гипогенный спелеогенез, его гидрогеологическое значение и роль в эволюции карста. – Симферополь: Изд-во ДИАЙПИ, 2013. – 180 с.
6. Борисик А.Л., Новиков А.Л., Глазовский А.Ф., Лаврентьев И.И., Веркулич С.Р. Строение и динамика ледника Альдегонда (Западный Шпицберген) по данным повторных георадиолокационных исследований 1999, 2018 и 2019 гг. // Лёд и Снег. – 2021. – Т. 61, № 1. – С. 26-37.
7. Pawłowska-Bielawska P. Evolution of Wielka Snie_ na Cave in the light of geomorphologic observations // Karst and Cryokarst. – Sosnowiec-Wroclaw, 2007. – P.155-164.
8. Коржусев С.С. Мерзлотный карст Среднего Приленья и некоторые особенности его проявления // Региональное карстование: материалы совещ. по изучению карста. – М., 1961. – С. 207-221.