

НАУКИ О ЗЕМЛЕ
EARTH SCIENCESУДК 551.2(476+553.63)
DOI: 10.29235/1561-8323-2018-62-2-228-235Поступило в редакцию 20.02.2018
Received 20.02.2018**Член-корреспондент А. В. Кудельский***Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь***ГАЛОГЕНЕЗ В ПРИПЯТСКОМ ПАЛЕОРИФТЕ**

Аннотация. Впервые по-новому рассматривается проблема галогенеза в Припятском внутриконтинентальном палеорифте. Установлены, по меньшей мере, три периода существования в его пределах аридного климата и эвапоритовых бассейнов сгущения морской воды. Однако ни в одном из них концентрирование воды не достигало степени сгущения, при которой начинается выпадение каменной соли. Интенсивный галогенез и формирование мощных солевых толщ имели место на ранней ($D_3^2lv-D_3^2dm$) и зрелой ($D_3^2lb-D_3^2or$) стадиях развития рифтового грабена и эксплозивного вулканизма в его пределах, что свидетельствует о тесной генетической взаимосвязи между этими двумя явлениями.

Ключевые слова: эксгаляционно-седиментационное соленакопление, мощные солевые толщ, эксплозивный вулканизм

Для цитирования: Кудельский, А. В. Галогенез в Припятском палеорифте / А. В. Кудельский // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2018. – Т. 62, № 2. – С. 228–235. DOI: 10.29235/1561-8323-2018-62-2-228-235

Corresponding Member Anatoly V. Kudelsky*Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus***HALOGENESIS IN THE PRIPYAT PALEORIFT**

Abstract. The problem of halogenesis in the Pripyat intercontinental paleorift is considered for the first time in a new fashion. At least, three periods of existence of arid climate and evaporate basins of seawater condensation within paleorift boundaries have been established. However, in none of them the concentration of water reached the salinity degree, at which the precipitation of rock salt begins. The intense halogenesis and accumulation of thick salt formations took place at the early ($D_3^2lv-D_3^2dm$) and mature ($D_3^2lb-D_3^2or$) stages of development of rift graben and explosive volcanism within it; this testifies to a close genetic relationship between these two phenomena.

Keywords: exhalation-sedimentation salt accumulation; thick salt formations, explosive volcanism

For citation: Kudelsky A. V. Halogenesis in the Pripyat paleorift. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2018, vol. 62, no. 2, pp. 228–235 (in Russian). DOI: 10.29235/1561-8323-2018-62-2-228-235

Введение. Припятский осадочный нефте- и соленосный бассейн связан с одноименным грабенообразным прогибом – одним из крупных тектонических элементов Припятско-Донецкого авлакогена, входящего в систему Сарматско-Туранского линейного элемента земной коры в пределах юго-запада Русской плиты Восточно-Европейской платформы. Формирование Припятского континентального рифта обусловлено позднедевонско-среднекаменноугольным (герцинским) рифтогенезом в пределах докембрийской платформы.

Специфической особенностью тектоники Припятского палеорифта является его угловой излом относительно Днепровского грабена, который по системе северных краевых разломов составляет 15–17°, а по системе южных разломов – порядка 35°. Вследствие вращения крупных

блоков фундамента обе структуры (Припятская и Днепровская) в плане представляют собой клинообразные раздвиги с углом раскрытия в Припятском прогибе около 20° [1] (рис. 1).

В самом палеорифте в результате вращения и раздвигания блоков земной коры также формируются системы раздвиговых клиноформ как зон повышенной деструкции, проницаемости и резкого снижения давлений по всему литосферно-астеносферному и верхнемантийному профилю, особенно значительных у западного ограничения Брагинского выступа. Здесь в позднефранско-раннефаменское время – главную фазу рифтогенеза – на территории площадью примерно 35×45 км практически одновременно действовали десятки вулканов, формируя район активного щелочно-ультраосновного эксплозивного магматизма и верхнемантийно-нижнекорового флюидного тепломассопереноса. По-существу, прибрагинский раздвиг представлял собой гигантский тектонофер [2] – канал, по которому осадочный нефте- и соленосный бассейн «питался» глубинной тепловой энергией и веществом мантийного и нижнекорового происхождения.

Главной фазе рифтогенеза соответствовали максимальные растягивающие напряжения, которые совпадали со временем активного вулканизма и накопления галогенных формаций. Вместе с тем, вращение внутририфтовых геологических структур фундамента приводило к формированию внутририфтовых разломов, «срезанию» отдельных частей пликативных структур, развитию внутририфтовых надвигов и процессов солевой тектоники в виде диапиризма и др. Галогенез и активная вулканическая деятельность проявлялись пульсационно, неоднократно прерываясь нормально-морским сульфатно-глинисто-карбонатным и терригенным осадконакоплением.

В главную фазу рифтогенеза образовалась верхнефранская (евлановско-ливенская) галогенная галитовая формация (мощностью до 1140 м), а также среднефаменская галогенная калиенос-

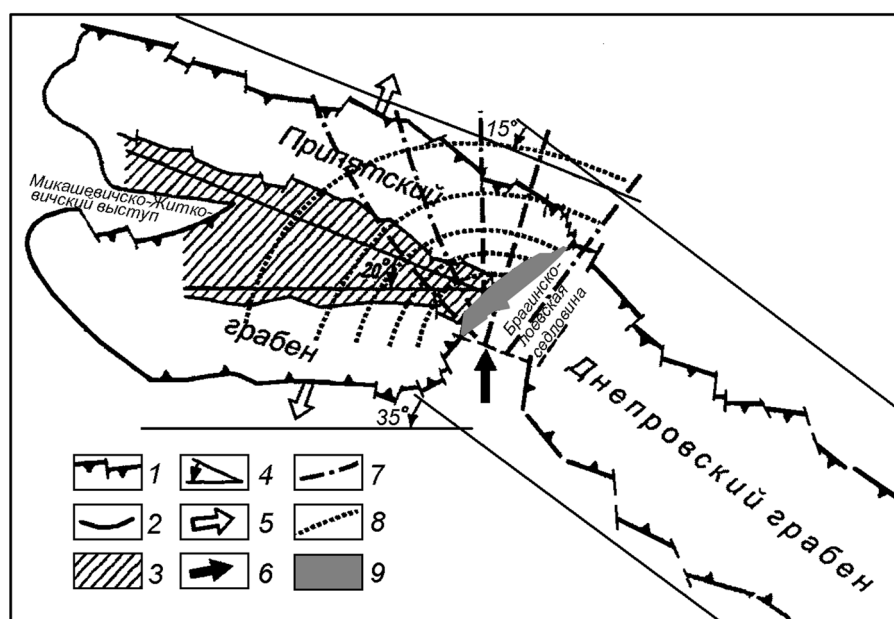


Рис. 1. Тектоническая обстановка в Припятском палеорифте с позиций поступательно-вращательного движения блока Внутреннего грабена [1]: 1 – краевые разломы Припятско-Донецкого авлакогена; 2 – западная граница Припятского палеорифта; 3 – Внутренний грабен; 4 – угол и направление поворота Северо-Припятского и Южно-Припятского краевых разломов по отношению к таковым Днепровско-Донецкого авлакогена; 5 – вектор главных растягивающих напряжений палеорифта; схема динамического влияния Брагинского штампа: 6 – вектор активного усилия; траектория осей: 7 – сжатия, 8 – растяжения, 9 – площади активной вулканической деятельности и развития вулканогенно-осадочных пород

Fig. 1. Tectonic situation in the Pripet paleorift from the standpoints of the translational-rotational movement of the Intercontinental graben block [1]: 1 – boundary faults of the Pripet-Donetsk aulacogen; 2 – Western boundary of the Pripet paleorift; 3 – Intercontinental graben; 4 – angle and the direction of turn of the North-Pripet and South-Pripet boundary faults relative to such of the Dnieper-Donetsk aulacogen; 5 – vector of the main tensile stresses of paleorift; scheme of the dynamic influence of the Bragin stamp: 6 – vector of the active force; trajectory of axes: 7 – compression, 8 – tension, 9 – area of the active volcanic activity and the development of volcanic-sedimentary rocks

но-галитовая (мощностью до 1500 м, в диапирах – до 3250 м) формация и сопряженная с ними щелочно-ультраосновная–щелочно-базальтоидная формация.

Подстилающая нижнюю соленосную субформацию «подсолевая толща» мощностью до 1000 м и более представлена несолевыми доливленскими образованиями верхнего протерозоя, среднего девона и большей части франских отложений. Разделяющая обе соленосные субформации «межсолевая толща» мощностью до и свыше 1000 м сложена несолевыми отложениями нижнего фамена, а «надсолевая толща» представлена осадочными образованиями от верхнего фамена до антропогена. Все без исключения несолевые породы Припятского прогиба сформированы в нормально-морских мелководных условиях.

Происхождение солевых толщ. В соответствии с современной классификацией солеродных бассейнов [3; 4] известны три типа галогенеза (таблица): эвапоритового, эксгальционно-осадочного и десцендентно-эвапоритового (рассольно-солевого рециклинга).

Мелководный эвапоритовый галогенез. Процесс выпадения солей из морской воды в отшнурованных от океана прибрежных испарительных (эвапоритовых) бассейнах аридных и семиаридных климатических зон человечеству был известен и широко использовался для добычи поваренной соли с незапамятных времен.

Было установлено, что эвапоритовые бассейны галогенеза размещаются в зонах аридного климата и, как правило, в тектонически стабильных регионах, ограничивающих до 40–50 м мощности соленакопления; что осадочные образования эвапоритовых бассейнов всегда полиминеральны и им свойственны, как правило, четко выраженные слоистость и сезонные перерывы в осадконакоплении, а также многочисленные органические остатки, в т. ч. водно-рассольных гидробионтов.

На территории современной Беларуси аридные климатические условия и связанные с ними эвапоритовые бассейны имели широкое распространение, о чем свидетельствуют регионально выдержанные среднедевонские (эйфель) витебско-наровские гипсоносные (по нормально-морским постседиментационным образованиям) толщи, а также месторождение гипса [5], сформированное в пределах Бриневского горста на западе центральной внутренней зоны Припятского палеорифта. Литогеохимическим анализом выявлено еще два продолжительных периода существования аридного климата: верхнедевонский елецко-ливенско-домановичский и средне-верхнефаменский лебедянско-оресский. Однако ни в одном из них не обнаружены бассейны испарительного концентрирования воды до стадии выпадения галита (более 275 г/кг).

Эксгальционно-осадочный глубоководный галогенез в мелководно-морском бассейне Припятского палеорифта. Понятное содержание выражения «эксгальционно-осадочный галогенез» означает процесс осаждения во внутририфтовом водном бассейне солевых концентратов, выпадающих из верхнемантийно-нижнекоровых высокотемпературных (до 400–500 °С) и высокоминерализованных высоконапорных флюидогазогидротерм в результате резкого снижения давлений, температур и, как следствие, их газосодержания до нормально-морских внутририфтового бассейна.

Вопрос о механизмах, динамике и фазовом состоянии солей, так или иначе передвигающихся по профилю «верхняя мантия–внутририфтовый водный бассейн», до настоящего времени специально не обсуждался, хотя известно несколько точек зрения на этот счет: в виде сверхкрепких рассолов; соль и вулканические породы – это практически синхронно проявляющиеся продукты дифференциации мантийного вещества в зонах растяжения [6]; дно современных рифтовых бассейнов представляет собой «сито», через которое поступает эндогенное вещество не только в виде литогенных продуктов вулканизма, но и в виде гидрогазотермального (флюидного) выноса верхнемантийно-нижнекорового вещества и тепловой энергии в процессе вулкано-плутонической деятельности.

Начало активного вулканизма в Припятском континентальном рифте датируется 360–380 млн лет назад [7]. В последующем развитие рифта сопровождалось интенсивным вулканизмом в течение примерно 20 млн лет, что привело к формированию большей части его осадочной толщи за счет продуктов соленосных верхнемантийно-нижнекоровых эксгальциаций.

Основные модели галогенеза (по Г. А. Беленицкой [4] с дополнениями автора)
Basic halogenesis models (according to G. A. Belenitskaya [4] with the author's additions)

Группа моделей Group of models	Тип моделей Model type	Источник галогенетического вещества Source of halogenetic substance	Вектор поступления Arrival vector	Ведущие процессы и факторы кристаллизации Key processes and crystallization factors	Причины кристаллизации Crystallization causes
Эвапоритовые	<i>Мелководно-бассейновые эвапоритовые</i> (солевые толщи мощностью от первых метров до первых десятков метров)				
	Баровая Подготовительных бассейнов Шельфов сатурации Расслоенных рассолов Многократных осушений Сабхи Сухого озера	Поверхностные воды (морские, озерные, речные)	Сублатеральный приток	Испарение, иногда вымораживание	Удаление растворителя
Инъекционно-осадочные	<i>Глубоководно-бассейновые эксгальационные</i> (солевые толщи мощностью в сотни и тысячи метров)				
	Эксгальационно-осадочная	Эндогенный: мантийно-магматогенные соли и рассолы	Восходящая глубинная разгрузка	Кристаллизация* в результате химических взаимодействий, изменения температуры (при смещении глубинных рассолов и солей с внутририфтовых бассейновыми водами) и давления	Высаливание, кристаллизация менее растворимых соединений – химические барьеры; Снижение растворимости – термобарический барьер
	Регенерационная (рассольно-осадочная): рассольно-осадочная; аллохтонная (галокинетическая)	Глубинно-корровая ремобилизация рассольно-солевых масс	Рассольно-солевой рециклинг		

Примечание. * – для аллохтонного (галокинетического) соленакопления – восходящие перемещения солей и их растекание на новых седиментационных уровнях в результате совместного воздействия тектонических, геофлюидных и галокинетических процессов.

Note. * – for alloctonic (halogenetic) salt accumulation – ascending movements of salts and their spreading at new sedimentation levels due to a simultaneous action of tectonic, geofluidic and halokinetic processes.

По данным В. П. Корзуна [8; 9], наиболее мощная верхнедевонская вулканическая деятельность в Припятском прогибе протекала в евлановско-ливенское и лебедянско-данковское время. Начало позднефранского (евлановского) этапа вулканической деятельности и начало этапа мощного соленакопления в Припятском прогибе совпадают. Завершение верхнефранского вулканизма и верхнефранского соленакопления также произошло практически одновременно.

Общая характеристика верхнедевонских вулканитов хорошо просматривается [8] в разрезе Борщевской площади в северо-восточной части прогиба, где под верхней соленосной толщей залегает мощный (свыше 1500 м) комплекс вулканогенных, вулканогенно-осадочных и нормально-осадочных пород. В строении комплекса участвуют две вулканогенно-осадочные толщи – нижняя (2720–3483 м, мощность 763 м), сложенная вулканическими туфами и туфобрекчиями с прослоями эффузивных пород, и верхняя (2050–2460 м, мощность 410 м), также сложенная вулканическими туфами и туфобрекчиями с маломощными прослоями эффузивов.

Обе вулканогенно-осадочные толщи представлены набором близких по петрографическому составу пород. В верхней толще преобладают туфы альбитизированных трахитов – кератофириров, а в нижней туфы смешанного состава – альбитизированных трахитов и сильно хлоритизированных пород спилитового облика, которые В. П. Корзуном [8] отнесены к кератоспилитам. Структура спилита сформирована узкими длинными лейстами альбитизированного плагиоклаза, промежутки между которыми заполнены хлоритом в ассоциации с кремнистыми радиоляриевыми образованиями.

Для пород спилито-кератофировой формации характерно резко повышенное содержание суммы щелочей (в среднем 11,6 %) при относительно высоком содержании K_2O (в среднем 5,3 %). По мнению В. П. Корзуна, породы спилито-кератофировой формации района Борщевки «могли сформироваться лишь при наличии... в данном районе глубоких разломов, достигающих очагов магмы в симатическом или сиалическом слое земной коры...» [8, с. 76].

Показательно, что весь комплекс вулканоплутонических образований не северо-востоке Припятского прогиба сформировался в задонско-елецкое время, когда на всей остальной территории прогиба происходило нормально-морское осадконакопление и формирование межсолевой терригенно-карбонатной формации общей мощностью до 1000 м с парагенезом ангидритов, доломитов, известняков, мергелей, глин, песчаников и алевролитов. Отложения содержат обильную ископаемую фауну брахиопод, пеллеципод, гастропод, криноидей, фораминифер, радиолярий, остракод, конодонтов, червей, скелеты рыб.

Таким образом, в Припятском прогибе в различных геолого-структурных условиях независимо, и часто одновременно, формировались как соленосные, так и сульфатно-карбонатно-терригенные бессолевые отложения. При этом в глубоких частях бассейна имел место глубинный галогенез, а на палеоподнятиях и их склонах – нормально морской седиментогенез без каменной соли. Постепенно, по мере заполнения каменной солью палеодепрессий, галогенными образованиями охватываются и гипсометрические выступы, где свойственная им морская сульфатно-карбонатно-терригенная седиментация «сменяется» глубинным соленакоплением (рис. 2).

Лебедянское соленакопление – пример подобного перекомпенсированного глубинно-солевого осадкообразования, обусловленного многими факторами: расчлененностью дна бассейна, высокой интенсивностью дифференцированных тектонических движений и столь же интенсивной разгрузкой верхнемантийно-нижнекоровых, преимущественно хлоридно-натриевых высоконапорных газоводных геофлюидов высокой плотности и температур.

Несомненно, что на этапе активного рифтогенеза тепловое состояние Припятского прогиба характеризовалось очень плотными тепловыми потоками, высокими температурами осадочного чехла и связанной с ними подземной гидросферы, формировавшихся по типу современных активных внутриконтинентальных и срединно-океанических рифтовых систем. В соответствии с этим вполне вероятным сценарием представляют интерес состав и температура современных внутририфтовых эксгалаций.

В сублиматах современных вулканических fumarol устанавливается следующий ряд концентраций: $Cl > NH_4 > Na-K > Ca-Mg$. Высочайшие концентрации Cl (в виде HCl) установлены в конденсатах геофлюидов андезитовых вулканов Камчатки, Гватемалы (от первых граммов до

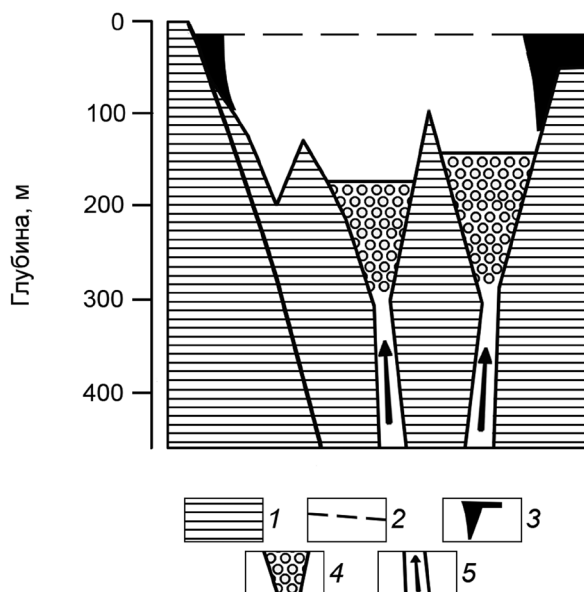


Рис. 2. Принципиальная схема пространственного распределения верхнемантийно-нижнекоревой глубоководной каменной соли и осадочных продуктов испарительного концентрирования морской воды в Припятском палеорифте: 1 – внутририфтовые блоки горных пород; 2 – уровень поверхности внутририфтового морского водоема; 3 – осадочные продукты испарительного концентрирования морской воды; 4 – глубоководная каменная соль; 5 – тектонофер [2] – канал, по которому осадочный нефте- и (или) соленосный бассейн «питается» глубинной тепловой энергией и веществом верхнемантийно-нижнекоревой происхождения

Fig. 2. Principal scheme of a spatial distribution of uppermantino-low crust deep-sea rock salt and evaporative concentration sediments of seawater in the Pripyat paleorift: 1 – intrarift rock blocks; 2 – surface level of intrarift seawater; 3 – evaporative concentration sediments of seawater; 4 – deep-sea rock salt; 5 – tectonofer [2] – channel, through which the sedimentary oil- and (or) saline basin is «fed» by deep-sea thermal energy and substance of uppermantino-low crust origin

26 г/л) и мексиканского вулкана Парикутин (до 84 % по объему). Содержание хлора в эксгальциях действующего вулкана Килауэа (Гавайи) при температуре 328 °С достигает 69 г/л [10]. При этом несомненно, что эксгальционное формирование соленосных толщ внутририфтовых бассейнов возможно только при условии высочайшей плотности эксгальций по NaCl, выпадению из которых обязана своим существованием каменная соль палеорифтов. Показателен в этом отношении средний химический состав верхнефранской каменной соли Припятского прогиба (%): KCl 0,02–0,04; NaCl 93,03–98,80; MgCl₂ 0,02–0,05; CaSO₄ 0,75–1,66; CaCl₂ 0,01–0,03; нерастворимый остаток 0,40–5,15; Br 0,0121–0,059 [11]. Химический состав сильвинитов той же верхнефранской соленосной формации представлен (%): KCl 32,90–60,79; NaCl 31,17–55,46; MgCl₂ 0,03–0,06; CaCl₂ – не обнаружено; CaSO₄ 0,42–2,73; нерастворимый остаток 1,12–8,08; Br 0,0286–0,0358.

Об очень высокой плотности соленосных эксгальций, сформировавших соленосные толщи Припятского прогиба, свидетельствует и высочайшая минерализация (500–750 г/л) растворов включений (без учета NaCl) в галите Петриковского месторождения и в белом сильвине из гнезд Старобинского месторождения [11]. Уместно при этом отметить, что и высочайшие для прогиба концентрации Br, изоморфно входящего в решетку калийных минералов, установлены в калийных рудах Петриковского месторождения (0,027–0,290 %, в среднем 0,110–0,170 %).

Температура срединно-океанических гидротерм, в т. ч. и черных курильщиков Восточно-Тихоокеанского поднятия достигает 350–400 °С и, судя по результатам изотопных исследований, может достигать 550 °С [12].

Вертикальное движение снизу вверх подобных высокоминерализованных (до 500–750 г/л), высокотемпературных (до 350–550 °С) и высоконапорных (по-видимому, до сверхгеостатических давлений) соленосных эксгальций (геофлюидов) и их разгрузка вследствие снижения температур и давлений резко повысили температуру осадочного чехла прогиба до 280–380 °С [13; 14], а также температуру вод внутририфтового бассейна до уровней 80–90 °С, вполне благоприятных для выпадения в осадок каменной и калийных солей.

В районах распространения вулканогенно-осадочных пород Припятского прогиба глубинные эксгальции обеспечили также отмеченную В. П. Корзуном [9] скаполитизацию вулканитов – одного из проявлений высокотемпературного метаморфизма с участием соле- и водногазовых растворов с высокой соляной нагрузкой глубинно-эндогенного происхождения.

Если наши данные о чрезвычайно высокой минерализации глубинных эксгальций (до 500–750 г/л) соответствуют палеоусловиям главной фазы рифтогенеза, то в связи с этим следует признать, что вещественный состав внутририфтовых эксгальций почти на 75 % был представлен флюиднофазовым расплавом NaCl и калийных солей и только 25 % их объема составляли литофильные Ca, Mg и другие легко летучие элементы и соединения, а также ионные ассоциации сверхкритической воды, водород, CO₂ и другие газы.

Заключение. Таким образом, установлен эксгальциционно-осадочный генезис мощных соленосных толщ Припятского внутриконтинентального палеорифта. Помимо вышеизложенных данных об их глубинном верхнемантийно-нижнекоревом происхождении свидетельствует изотопный состав заземленных в солях газов, отсутствие в них слоистости и сезонных перерывов в соленакплении, а также органических остатков каких-либо водно-рассольных гидробионтов. Источниками калиевых разновидностей солей Старобинского и Петриковского месторождений и пород спилитокератофировой формации представляются магматические камеры, расположенные на глубинах от 100–120 км [15] до 400 км [9].

Список использованных источников

1. Айзберг, Р. Е. Синрифтовая геодинамика Припятского прогиба / Р. Е. Айзберг, Т. А. Старчик. – Минск: Беларуская навука, 2013. – 146 с.
2. Шейнманн, Ю. М. Очерки глубинной геологии / Ю. М. Шейнманн. – М.: Недра, 1968. – 231 с.
3. Гемп, С. Д. О возможных причинах развития хлоридного галогенеза / С. Д. Гемп // Общие проблемы галогенеза. – М.: Наука, 1985. – С. 48–59.
4. Беленицкая, Г. А. Мертвое море: геология, происхождение, мифы. Часть 2. Происхождение и история развития солей, диапиров и рассолов Мертвого моря / Г. А. Беленицкая // Пространство и время. – 2013. – Т. 3(13). – С. 130–144.
5. Гарецкий, Р. Г. Соленосные формации Беларуси / Р. Г. Гарецкий, Э. А. Высоцкий // Геология и освоение ресурсов галогенных формаций: материалы Междунар. конф. – Пермь, 2001. – С. 107–114.
6. Созанский, В. И. Геология и генезис соленосных образований / В. И. Созанский. – Киев: Навукова думка, 1973. – 200 с.
7. Гавриш, В. К. О связи рифтообразования и вулканизма / В. К. Гавриш, Л. И. Рябчун // Вулканизм и рудные формации Днепровско-Донецкой впадины и Донбасса. – Киев: Навукова думка, 1997. – С. 23–34.
8. Корзун, В. П. О верхнедевонских вулканогенных образованиях района Борщевки / В. П. Корзун // Материалы первой науч. конф. молодых геологов Белоруссии. – Минск: Наука и техника, 1965. – С. 74–76.
9. Корзун, В. П. Верхнедевонская щелочная вулканогенная формация Припятской впадины / В. П. Корзун, А. С. Махнач. – Минск: Наука и техника, 1977. – 162 с.
10. Уайт, Д. Е. Вулканические эманации / Д. Е. Уайт, Г. А. Уоринг // Геохимия современных поствулканических процессов. – М.: Мир, 1965. – С. 9–48.
11. Девонские соленосные формации Припятского прогиба / Е. А. Высоцкий [и др.]; под общ. ред. Р. Г. Гарецкого. – Минск: Наука и техника, 1982. – 208 с.
12. Merlivat, L. Hydrothermal vents waters at 13°N on the East Pacific Rise: isotopic composition and gas concentration / L. Merlivat, E. Pineau, M. Javoy // Earth and Planet. Sci. Lett. – 1987. – Vol. 84, N 1. – P. 100–108. DOI: 10.1016/0012-821x(87)90180-4
13. Кудельский, А. В. Образование и миграция нефти (термобарические аспекты) / А. В. Кудельский, К. И. Лукашев. – Минск: Вышэйш. шк., 1974. – 134 с.
14. Панов, В. В. Тектонические, геотермические и палеогидродинамические условия Припятского прогиба / В. В. Панов // Проблемы тектоники Припятского прогиба. – Минск: Наука и техника, 1974. – С. 153–158.
15. Ларин, В. Н. Гипотеза изначально гидридной Земли / В. Н. Ларин. – М.: Недра, 1980. – 216 с.

References

1. Ayzberg R. Ye., Starchik T. A. *Synrift geodynamics of the Pripyat Trough*. Minsk, Belaruskya navuka Publ., 2013. 146 p. (in Russian).
2. Sheinmann Yu. M. *Essays on deep geology*. Moscow, Nedra Publ., 1968, 231 p. (in Russian).
3. Gemp S. D. On the possible reasons of khlorid-galogenezic development. *General halogenesis problems*. Moscow, Nauka Publ., 1985, pp. 48–59 (in Russian).

4. Belenitskaya G. A. Dead Sea: Geology, Origin, Myths. Part 2. Dead Sea Salts, Brines, and Salt Diapirs Origin and Evolution. *Prostranstvo i vremya = Space and Time*, 2013. no. 3(13), pp. 130–144 (in Russian).
5. Garetskiy R. G., Vysotskiy E. A. Geology and resources of halogen formations. *Problems of formation and integrated development of salt deposits. Proceedings of International Conference*. Perm, Gornyy Institut Publ., 2001, pp. 107–114 (in Russian).
6. Sozansky V. I. *Geology and Genesis of saliferous formations*. Kiev, Navukova Dumka Publ., 1973. 200 p. (in Russian).
7. Gavrish V. K., Ryabchun L. I. On the connection between rift formation and volcanism. *Volcanism and ore formations of the Dnieper-Donetsk Basin and Donbas*. Kiev, Navukova Dumka Publ., 1997, pp. 23–34 (in Russian).
8. Korzun V. P. On the Upper Devonian volcanic formations of the Borschevka region. *Materials of the first scientific conference of young geologists of Belarus*. Minsk, Nauka i tekhnika, 1965, pp. 74–76 (in Russian).
9. Korzun V. P., Makhnach A. S. *Upper Devonian Alkaline Volcanogenic Formation of the Pripyat Basin*. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1977. 162 p. (in Russian).
10. White D. E., Waring G. A. Volcanic Emanations. *Geochemistry of modern post-volcanic processes*. Moscow, Mir Publ., 1965, pp. 9–48 (in Russian).
11. Vysotskiy E. A., Garetski R. G., Eroshina D. M., Kislik V. Z., Obrovets S. M., Petrova N. S., Protasevich B. A., Sedun E. V., eds. *Devonian salt formations of the Pripyat Trough*. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1982. 208 p. (in Russian).
12. Merlivat L., Pineau E., Javoy M. Hydrothermal vents waters at 13°N on the East Pacific Rise: isotopic composition and gas concentration. *Earth and Planetary Science Letters*, 1987, vol. 84, no. 1, pp. 100–108. DOI: 10.1016/0012-821x(87)90180-4
13. Kudelskiy A. V., Lukashov K. I. *Formation and migration of oil (thermobaric aspects)*. Minsk, Vysheyschaya shkola Publ., 1974. 134 p. (in Russian).
14. Panov V. V. Tectonic, geothermal and paleohydrodynamic conditions of the Pripyat Trough. *Problems of the Pripyat Trough tectonics*. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1974, pp. 153–158 (in Russian).
15. Larin V. N. *Hypothesis of the originally hydride Earth*. Moscow, Nauka Publ., 1982. 216 p. (in Russian).

Информация об авторе

Кудельский Анатолий Викторович – член-корреспондент, д-р геол.-минералог. наук, профессор, гл. науч. сотрудник. Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, Минск, Республика Беларусь). E-mail: kudelsky@bk.ru.

Information about the autor

Kudelsky Anatoly Viktorovich – Corresponding Member, D. Sc. (Geology and Mineralogy), Professor, Chief researcher. Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoryna Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kudelsky@bk.ru.