

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ СОЛЯНОЙ ДИАПИРИЗМ В ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОЙ ВПАДИНЕ**FACTORS DETERMINING THE SALT DIAPIRISM IN DNIEPER-DONETS DEPRESSION****В.С. Куриленко**
Vladimir S. Kurilenko

Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine, 55-b O. Honchara St., Kyiv, Ukraine, 01601 (vskgeo@ukr.net)

Описан соляной диапиризм как твердое течение солей с учетом флюидодинамических представлений. Высокая пластичность и низкая плотность солей являются причиной конвективной неустойчивости осадочной толщи, что приводит к образованию специфических соляных структур. Специфика выражается в пространственной периодичности размещения соляных структур в виде линейных форм или гексагонов (одиночных куполов) в зависимости от критических значений числа Рэлея. Оценены влияние геотектонического и гравитационного факторов, воздействие высокотемпературных глубинных флюидов. На течение солей влияют вибрационные силы, задающие дискретный характер размеров соляных структур и расстояний между ними. Приведены примеры негативных последствий техногенного фактора. *Ключевые слова:* соляной диапиризм, конвективная неустойчивость, релаксация, число Рэлея, вибрация, резонанс, геодинамическая сеть.

Salt diapirism is described as a solid flow of salts with regard to fluid-dynamic concepts. High plasticity and low density of salts are the cause of convective instability of the sedimentary strata, which leads to the formation of specific salt structures. Specificity is expressed in the spatial periodicity of the placement of salt structures either in the linear forms or of hexagons (single domes), depending on the critical values of the Rayleigh number. The influence of geotectonic and gravitational factors, the effect of high-temperature deep fluids is estimated. The flow of salts is influenced by the vibration forces that determine the discrete nature of the sizes of salt structures and the distances between them. Examples of the negative consequences of the anthropogenic factor are given.

Keywords: salt diapirism, convective instability, relaxation, Rayleigh number, vibration, resonance, geodynamical net.

ВВЕДЕНИЕ

Пластическая деформация солей, их «текучесть» под воздействием неравномерных нагрузок обуславливают особый тип складчатости нагнетания – *соляной диапиризм*. Диапировые складки известны во многих осадочных бассейнах мира, включая Днепровско-Донецкую впадину (ДДВ). В ядре большинства складок ДДВ находится соль, и с такими складками связаны ловушки нефти и газа с широким диапазоном запасов углеводородов в них. Соляные залежи содержат ценные минеральные ресурсы, используемые в народном хозяйстве. В соляных массивах строят хранилища горючих материалов, радиоактивных и токсичных отходов. Этим вызван научно-практический интерес к соляному диапиризму.

Постановка задачи. При работе над проблемой соляного тектогенеза возникает множество вопросов, касающихся как генезиса самих солей, так и геодинамических условий формирования соляных структур. Исследованию факторов, определивших формы и интенсивность проявления соляного диапиризма в ДДВ, посвящена настоящая статья.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе использованы сейсмостратиграфические построения В.А. Ридколиса, М.Т. Турчаненко и С.Н. Стовбы вдоль региональных сейсмических профилей МОГТ, результаты глубокого поисково-разведочного бурения, Атлас геологического строения Днепровско-Донецкой впадины, а также некоторые публикации.

Проблемами генезиса галогенных образований и соляного тектогенеза занимались многие известные геологи Западной Европы и США, а также бывшего СССР и нынешнего СНГ. Соляные отложения ДДВ исследовали Ю.А. Арсирый, М.П. Балуховский, Н.Г. Баранов, А.А. Билык, В.Г. Бондарчук, Б.С. Воробьев, Н.Н. Галабуда, В.И. Китык, А.Е. Лукин, Д.П. Хрущов, А.К. Цыпко, М.В. Чирвинская, С.Б. Шехунова и др. Издано огромное количество публикаций, многие из которых посвящены проблеме генезиса солей, изучению механизма зарождения и развития солянокупольных структур.

Относительно генезиса солей известны две крайние позиции – глубинного и эвапоритового происхождения галогенов. В.И. Созанский доказывает верхнемантийно-нижнекорое про-

исхождение соляных масс и несостоятельность «барового» (эвапоритового) их накопления (Созанский, 1974). В.Н. Холодов, напротив, считает происхождение солей осадочным, а не метасоматическим, и приводит как важный аргумент сезонную слоистость соляных пачек (Холодов, 2013). Компромиссную позицию занимает А.В. Кудельский. По его мнению, происхождение солей эксгальационно-осадочное, т.е. одновременно формировались как соленосные породы в глубоководных условиях при интенсивной разгрузке высоконапорных солевых концентратов, так и сульфатно-карбонатные отложения в мелководно-морских и лагунных условиях (Кудельский, 2017).

В ДДВ известны три толщи верхнедевонских (воронежская, евлано-ливенская и данково-лебедянская) и толща нижнепермских солей (Атлас..., 1984). Доминирующую роль в диапиризме сыграла евлано-ливенская толща, местами и временами вовлекавшая в галокинез данково-лебедянскую и нижнепермскую толщи.

Механизм галокинеза. По представлениям У. Файфа, Н. Прайса и А. Томпсона (Файф и др., 1981) и И.В. Высочанского (Высочанский, 1991) процесс галокинеза развивается в три этапа: 1) по мере погружения соляной толщи в зоны диагенеза и протокатагенеза с температурами до 60 и 60–90°C соответственно – согласно принятой для ДДВ градации (Геология..., 1989), происходят дегидратация отложений и восходящая миграция флюидов, деформирующие слоистость; в соляном пласте возникают линзовидные поднятия и «вздутия», разрывные нарушения со смещениями; локальные подвижки; 2) при дальнейшем погружении солей в зоны мезо- и апокатагенеза с температурами 90–235–300°C (Геология..., 1989) пласты соли теряют слоистую текстуру и превращаются в вязкую полужидкую массу. Эта масса под высоким давлением взламывает и прорывает перекрывающие отложения по схеме «трещина – дайка – шток»; возникают несогласные соотношения соляных и вмещающих пород, по нарушениям перемещаются целые блоки осадочных пластов; 3) происходит «обезвоживание» соляного диапира (обособление и отток рассолов), формируются кепроки.

В ДДВ развитие большинства соляных структур ограничилось этапом «соляных подушек», часть структур находится на этапе диапиризма, а часть – на этапе дегградации.

Течение солей. Согласно современным представлениям (Хрущов, Шехунова, 1988; Высочан-

ский, 1991; Галабуда и др., 1992), в соляном массиве под влиянием внешних нагрузок и внутренних напряжений происходит сложный релаксационный процесс перестройки его структуры, заключающийся в упругой, пластической и разрывной деформации кристаллов и самих пластов соли. Если нагрузка кратковременная и не превышает предела прочности, то возникают упругие (обратимые) деформации. За порогом прочности развиваются хрупкие деформации, выражающиеся в растрескивании, скалывании и дроблении кристаллов до превращения их в гранулит и милонит, а на уровне пластов – в разрывах и будинировании. Пластические деформации занимают промежуточное положение, проявляясь через расслоение кристаллов параллельно граням и скольжение вдоль граней, милонитизацию, межзерновые проскальзывания и рекристаллизацию без нарушения сплошности блока. Течение солей – процесс неравномерный по разрезу соляного массива: от практически недеформированных целиков (в них сохраняется первичная слоистость) до зон «квазиламинарного» течения. В зонах (каналах) течения развиваются в основном пластические деформации, формируются флюидалные текстуры и непрерывно-прерывистые плоскости скольжения.

Переходим к описанию факторов, определяющих галокинез.

Гравитационный фактор является основным, вызывающим течение солей (Гончаров и др., 2005). Он обусловлен инверсией плотностей: у солей она в среднем 2,2 г/см³, у перекрывающих их терригенных пород – около 2,5–2,6 г/см³. Происходит выдавливание вверх относительно легких солей и погружение более плотных пород. Течение солей в ДДВ начинается при толщинах перекрывающих отложений 600–1000 м, при которых возникают необходимые градиенты и давления (Китык, 1970). Течение солей может возникнуть и от неровностей подстилающего ложа и (или) дневной поверхности, от плотностных неоднородностей в перекрывающей толще.

Геотектонический фактор. При периодической активизации тектогенеза, выражающейся в подвижках блоков фундамента, возникают контрастные силовые поля, вызывающие течение солей в направлении восстановления равновесного состояния (Китык, 1970; Атлас..., 1984; Галабуда и др., 1992; Стомба, 2005). Движение солей в ДДВ имеет циклический характер. Об этом говорит то, что соль в одних случаях только приподняла надсолевые отложения, образовав «соляные подушки» (криптодиапиридные складки), в других – прорвала их до

определённого стратиграфического уровня (крипто-диапировые складки) и даже вышла на современную дневную поверхность (диапировые складки с открытым ядром протыкания – соляные штоки).

Различают четыре уровня подъёма солей, тесно связанных с крупными фазами тектонических движений (Атлас..., 1984; Галабуда и др., 1992): предкаменноугольный уровень (pre-C) – с бретонской, предтриасовый (pre-T) – с заальской, предпалеогеновый (pre-Pg) – с ларамийской и предчетвертичный (pre-Q) – с аттической фазами тектогенеза, а также внутридевонский (mid-D) и внутрикаменноугольный (mid-C). Большинство соляных структур ДДВ – с уровнем подъёма солей mid-D и pre-C, а из известных 73 штоков (Атлас..., 1984) 34 штока (47%) имеют уровень подъёма солей pre-T, 25 штоков (34%) – уровень pre-Pg и 14 штоков (19%) – уровень pre-Q.

Соляная масса может приподнимать и прорывать перекрывающие отложения, какими бы мощными они ни были. В ДДВ известны соляные штоки, поднявшиеся с глубин 12-14 км, например Хрестищенский и Павловский штоки (Атлас..., 1984). Некоторые штоки (Андреевский, Валковский и др.) испытали двухэтапное развитие с образованием «карнизов» и «навесов» – захоронённых соляных глетчеров (Атлас..., 1984; Высочанский, 1991). Известны штоки, «растущие» и поныне, например Исачковский и Роменский (Атлас..., 1984). Росту штоков способствует фактор эрозии надсолевых отложений (Стовба, 2005).

Физико-механические свойства солей, зависящие от минерального и гранулярного составов, плотности, текстуры (размеров и формы кристаллов, слоистости), анизотропии, пластичности, изоморфных включений и примесей, также обуславливают галокинез и специфический тип складчатости. При сопоставлении свойств хлоридов и сульфатов «диапирообразующими» минералами являются хлоридные соли благодаря высокой пластичности, растворимости и способности резко увеличиваться в объёме с ростом температуры. Сульфаты при этом играют пассивную роль и при вовлечении в движение сохраняют первичную слоистость, на уровне пластов проявляют признаки будинажа (Холодов, 2013).

В одной из работ С.Б. Шехуновой описан случай «затекания» солями горной выработки, где активную роль сыграли сильвинит и его заглинизированные разности, а пассивную – каменная соль. Зёрна сильвина сильно деформированы и частью милонитизированы. Слои галита разбиты

на «ромбоздры», внутри которых особых структурно-текстурных изменений не замечено. Шахтная камера оказалась заполненной уплотнённой (без видимых трещин и пустот) соляной массой, частью превращённой в кристаллит (Шехунова, 2003).

Высокотемпературные глубинные флюиды (газы, рассолы, гидротермальные воды) особенно активно влияют на течение солей. Проникая под напором в трещиноватые зоны, они осуществляют *гидроразрыв* пластов, играют важную роль в процессе дробления пород, смачивая и разделяя зёрна, растворяя и сглаживая неровности трущихся поверхностей. Разбавляя предельно насыщенные растворы, они способствуют ослаблению кристаллических связей и растворению солей. Флюиды являются активными теплоносителями, а с прогревом соляной массы улучшаются пластические свойства солей и уменьшается их плотность, что способствует их течению и росту штоков (Новосилецкий, 1990; Гончаров и др., 2005; Холодов, 2013).

По мнению Р.М. Новосилецкого, при погружении пород на глубины с «жёсткими» термобарическими условиями в них генерируются флюиды с аномально высокими пластовыми давлениями. Такие флюиды при очаговой вертикальной разгрузке вовлекают в движение соль, что приводит к формированию штоков (Новосилецкий, 1990). После диффузии флюидов происходит проседание соляного массива, образуются такие «деградирующие» штоки, как Берекский, Каплинцевский, Нежинский и др. (Атлас..., 1984). Конечно, в деградации штоков играют роль и другие причины, например, истощение питающего «материнского» соляного массива, выщелачивание солей и др.

Реологический подход к геологической среде позволяет считать её «вязкой жидкостью», так как период релаксации большинства горных пород несоизмеримо меньше продолжительности тектонических деформаций (10^8 – 10^{11} с против 10^{12} – 10^{14} с). А поскольку горные породы способны «течь», то к ним применимы положения и законы конвективной флюидодинамики.

Структурная форма конвекции, согласно «Теории нелинейной конвективной устойчивости» (Гончаров и др., 2005), зависит от критических значений числа Рэлея, рассчитываемого по формуле

$$R = (\Delta\rho/\rho) \cdot (g h^3 / \nu X).$$

Первый множитель характеризует относительную разность плотностей в кровле и подошве толщи солей, он зависит от коэффициента объёмного

теплового расширения солей и выражает степень «готовности» к инверсии. Во втором множителе: $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; h^3 – толщина слоя солей в кубе, что отражает объём конвектирующей массы солей. Далее: $\nu = \eta/\rho$ – кинематическая вязкость солей, связанная с динамической вязкостью (η) и плотностью (ρ); $X = \chi/\rho c$ – коэффициент температуропроводности солей, зависящий от их теплопроводности (χ) и удельной теплоёмкости (c).

Известны два критических значения числа Рэлея: $R_1 \sim 10^3$ и $R_2 \sim 10^4$ (Гончаров и др., 2005). При условии, если расчётное R меньше 10^3 , то конвекция не возникает; при значениях R между 10^3 и 10^4 конвекция проявляется в форме вытянутых валов и впадин, а при R больше 10^4 – в форме гексагонов («ячеек Бенара»). Диаметр гексагонов в 2–4 раза превосходит толщину слоя солей. Этот феномен отражается в структурном плане ДДВ – одиночные валы и купола образуют упорядоченные симметричные пространственные системы – «геодинамические решетки» (Куриленко, Яньшина, 1988).

Вибрация и резонанс. Среди причин, вызывающих соль из равновесного состояния и вызывающих их течение, можно выделить высокочастотные колебательные (вибрационные) воздействия, обусловленные вращением Земли и переменным притяжением Луны и Солнца. Периодичность и скорость накопления геодинамических напряжений от этих воздействий позволяют рассматривать лунно-солнечные приливы как «тектонический вибратор», играющий роль триггерного механизма («спускового курка»). Этот механизм срабатывает в процессах (системах), находящихся в неустойчивом критическом состоянии (Довбнич, Солдатенко, 2008). *Вибрация* – это механические колебания, период которых значительно меньше характерного промежутка времени, на котором рассматривается процесс (в нашем случае – частота пульсации космических сил 10^5 – 10^7 с на фоне тектонических процессов 10^{12} – 10^{14} с), а размах (амплитуда) значительно меньше характерных размеров системы (Блехман, 1988).

Поскольку Земля в целом и её составные части обладают собственными частотами колебаний, то при совпадении частот внешних воздействий с собственными возникает *резонанс*, приводящий не только к разрушению целостности физического тела (в нашем случае – к переводу солей из стабильного пластового состояния в «текущее»), но и к «организации» вещества в

новом порядке (образованию соляных структур). Резонанс определяет дискретный характер размеров линейных форм и гексагонов, а также «шаг геодинамической решётки». Замечено, что «шаг решётки» может изменяться по площади на величину, кратную $\sqrt{2}$. В формализованном виде эта закономерность выглядит так:

$$L_n = \sqrt{2^n} \cdot L_6 = 2^{0,5n} \cdot L_6,$$

где L_n – искомый шаг сети на n -уровне; L_6 – «базовый» шаг сети, т.е. наиболее распространённый в регионе (по наблюдениям автора равен 7–8 км). По-видимому, показатель n может принимать целые значения в широких пределах в зависимости от толщины и площади распространения соленосных слоёв, но при работе с картографическим материалом масштабов $1:10^{5-6}$ достаточно $n = \pm 2$. Соответственно, в строении осадочного чехла ДДВ можно выделить зоны «мелкой складчатости», зоны развития структур средних и крупных размеров. Несомненно, эти закономерности имеют эвристическое значение.

Техногенный фактор требует внимательного изучения. Его необходимо учитывать для предотвращения его грозных проявлений и непоправимых последствий. Приведём некоторые примеры. В мире затоплено около 200 калийных и соляных рудников из-за прорывов подземных вод, «блуждающих рассолов» и «рассольных пузырей» в горные выработки. Это привело к гибели уникального горношахтного оборудования и техники, к потере колоссальных запасов солей. Убытки оцениваются миллиардами долларов (Рудковский, 2009).

Соляной карст вызывает просадки и провалы дневной поверхности, обвалы горных выработок, что связано с проникновением грунтовых и инфильтрационных вод в горные выработки (Болобан, 2009).

Анализ причин катастрофических аварий свидетельствует о бездумной и хищнической эксплуатации природных ресурсов без проведения предварительных эколого-геологических исследований и мониторинговых наблюдений. Необходимо разрабатывать и внедрять комплексные мероприятия, включающие гидрогеологические, гидрогеохимические, геофизические, инженерно-геодезические и дистанционные методы, радиоизотопные определения и гидравлическое моделирование. Это позволило бы вести мониторинг за состоянием горных выработок, соляного массива и потоков подземных вод.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Совокупным действием перечисленных факторов и эффектов мы объясняем течение солей и упорядоченное расположение соляных структур в ДДВ в виде регулярных геодинамических систем. Это имеет эвристическое значение при планировании и проведении геологоразведочных работ.

Требуется дальнейшее углублённое изучение соляного диапиризма во всех его проявлениях. Исследования следует проводить с позиций конвективной флюидодинамики и геодинамики с целью выявления пространственно-временных закономерностей в размещении соляных тел и структур осадочного чехла.

Из приведённого следуют выводы:

1. Галокинез – течение солей, обусловленное их специфическими физическими свойствами: высокой пластичностью и низкой плотностью по сравнению с перекрывающими породами. В силу конвективной неустойчивости соляная масса выжимается вверх, приподнимая и прорывая надсолевые отло-

жения. Иницирующим началом течения солей в ДДВ считается геотектонический фактор.

2. Течение солей – неравномерный во времени и по объёму соляного тела прерывисто-непрерывный процесс структурно-кристаллической перестройки через хрупкие и пластические деформации. На течение солей активно воздействуют глубинные высокотемпературные флюиды.

3. Форма конвекции зависит от критических значений числа Рэлея: при R менее 10^3 конвекция не возникает, при значениях R между 10^3 и 10^4 образуются линейные формы, при R более 10^4 – купола (гексагоны).

4. Размеры линейных форм зависят от толщины и площади распространения солей, участвующих в галокинезе. Внешние вибрационные воздействия вызывают в солях резонансные эффекты, в результате чего объёмы соляных тел и расстояния между ними подчиняются дискретному распределению.

5. Приведены примеры негативного воздействия техногенного фактора на окружающую среду.

REFERENCES

- Atlas geological structure and petroleum potential of the Dnieper-Donetsk depression, 1984. (Eds. Yu.A. Arsiry, V.A. Vitenko, A.M. Paly, A.K. Tsytko et al.). Kyiv: Ukrainian Research Geological prospecting Institute, Central thematic expedition of the Ministry of Geologie of the USSR, 190 p. (In Russian).
- Blekhman I.I., 1988, What can vibration? About «vibration mechanics» and vibration engineering. Moscow: Nauka, 208 p. (In Russian).
- Boloban V.M., 2009. Conditions of formation and methods of investigation of salt carst in connection with the use of salt massif for underground construction. Collection of Scientific Works of the Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, vol. 2, pp. 20-28. (In Ukrainian).
- Vysochansky I.V., 1991. New ideas about the development and perspectives of oil and gas content of salt-dome elevations in the Dnieper-Donetsk depression. Geological Journal (Heolohichnyi Zhurnal), No. 2 (257), pp. 109-117. (In Russian).
- Galabuda N.N., Voitsitsky Z.Ya., Shehunova S.B., 1992. Some questions of the salt tectonics of the Dnieper-Donetsk depression. Geology and geochemistry of Combustible Minerals (Heolohiia i heokhimiia horuchikh kopalyn), No. 2 (79), pp. 18-27. (In Russian).
- Geology and Oil-gas content of the Dnieper-Donetsk depression. Oil-gas content, 1989. B.P. Kabyshev, P.F. Shpak, O.D. Bilyk et al. (Ed. P.F. Shpak). Kyiv: Naukova Dumka, 204 p. (In Russian).
- Goncharov M.A., Talitsky V.G., Frolova N.S., 2005. Introduction to Tectonophysics. Moscow, KDU, 496 p. (In Russian).
- Dovbnich M.M., Soldatenko V.P., 2008. On the vibrational effect of moon-solar tides on geodynamic processes, Reports NAS of Ukraine (Dopovidi NAN Ukrainy), No. 12, pp. 96-100. (In Russian).
- Атлас геологического строения и нефтегазоносности Днепро-Донецкой впадины / Редколлегия Ю.А. Арсирый, В.А. Витенко, А.М. Палий, А.К. Цыпко и др. – Киев: УкрНИГРИ, ЦТЭ Мингео УССР, 1984. – 190 с.
- Блехман И.И. Что может вибрация? О «вибрационной механике» и вибрационной технике / И.И. Блехман. – М.: Наука, 1988. – 208 с.
- Болобан В.М. Умови формування та методи дослідження соляного карсту у зв'язку з використанням соляних масивів для підземного будівництва / В.М. Болобан // Зб. наук. пр. Ін-ту геол. наук НАН України. – 2009. – Т. 2. – С. 20-28.
- Высочанский И.В. Новые представления о развитии и перспективах нефтегазоносности солянокупольных поднятий в Днепро-Донецкой впадине / И.В. Высочанский // Геол. журн. – 1991. – № 2 (257) – С. 109-117.
- Галабуда Н.Н. Некоторые вопросы соляной тектоники Днепро-Донецкой впадины / Н.Н. Галабуда, З.Я. Войцицкий, С.Б. Шехунова // Геология і геохімія горючих копалин. – 1992. – № 2 (79). – С. 18-27.
- Геология и нефтегазоносность Днепро-Донецкой впадины. Нефтегазоносность / Б.П. Кабышев, П.Ф. Шпак, О.Д. Билик и др.; ред. П.Ф. Шпак. – Киев: Наук. думка, 1989. – 204 с.
- Гончаров М.А. Введение в тектонофизику / М.А. Гончаров, В.Г. Талицкий, Н.С. Фролова. – М.: КДУ, 2005. – 496 с.
- Довбнич М.М. О вибрационном воздействии лунно-солнечных приливов на геодинамические процессы / М.М. Довбнич, В.П. Солдатенко // Доп. НАН України. – 2008. – №12. – С. 96-100.

- Kityk V.I., 1970. Salt tectonics of the Dnieper-Donetsk depression. Kyiv: Naukova Dumka, 204 p. (In Russian).
- Kudelsky A.V., 2017. Exhalation-sedimentary halogenase in the Pripyat paleorift. In: *Geology and Mineral Resources of the West of the Eastern European Platform*. Minsk, pp. 167-171. (In Russian).
- Kurilenko V.C., Yanshina N.A., 1988. The influence of geodynamic stresses on the formation of salt structures of the Dnieper-Pripyat gas-oil province, *Geology of Oil and Gas (Heolohiia nefiti i haza)*, No. 12, pp. 25-29. (In Russian).
- Novosiletsky R.M., 1990. The role of abnormally high reservoir pressures in the formation of salt barrels. *Geology and geochemistry of Combustible Minerals (Heolohiia i heokhimiia horuchykh iskopaemykh)*, vol. 74, pp. 38-45. (In Russian).
- Rudkovsky R.R., 2009. «Wandering» brine salts and their role in the flooding of salt mines. *Litasfera (Litasfera)*, No. 2, pp. 145-151. (In Russian).
- Sozansky V.I., 1973, *Geology and genesis of saltinuous formations*. Kyiv, Naukova Dumka, 200 p. (In Russian).
- Stovba S.N., 2005. On Mechanisms of Salt Tectogenesis in the Dnieper-Donetsk Basin. *Geologist of Ukraine (Heoloh Ukrayny)*, № 1, pp. 23-29. (In Ukrainian).
- Fyfe W., Price N., Thompson A., 1981. *Fluids in The Earth's Crust*, Moscow, Mir, 423 p. (In Russian).
- Kholodov V.N., 2013. Eliis processes and salt tectonics. *Message 2. On the problem of the formation of salt diapirs. Lithology and Minerals (Litohiia i poleznye iskopaemye)*, No. 4, pp. 319-340. (In Russian).
- Khrushchov D.P., Shekhunova S.B., 1988. On the mechanism of motion of matter in salt-dome structures by lithologic data. In: *Engineering and geological problems of the creation of underground storages*. Moscow: Nedra, pp. 108-115. (In Russian).
- Shekhunova S.B., 2003. Changes in structural and texture features of the structure of salt rocks in volumetric stressed state, *Geological Journal (Heolohichnyi Zhurnal)*, No. 3, pp. 58-64. (In Russian).
- Китык В.И. Соляная тектоника Днепровско-Донецкой впадины / В.И. Китык. – Киев: Наук. думка, 1970. – 204 с.
- Кудельский А.В. Эксгалиционно-осадочный галогенез в Припятском палеорифте / А.В. Кудельский // *Геология и минерально-сырьевые ресурсы запада Восточно-Европейской платформы*. – Минск: 2017. – С. 167-171.
- Куриленко В.С. Влияние геодинамических напряжений на формирование соляных структур Днепровско-Припятской газонефтеносной провинции/В.С.Куриленко,Н.А.Яньшина// *Геология нефти и газа* – 1988. – № 12. – С. 25-29.
- Новосилецкий Р.М. Роль аномально высоких пластовых давлений в формировании соляных штоков / Р.М. Новосилецкий // *Геология и геохимия горючих ископаемых*. – 1990. – Вып. 74. – С. 38-45.
- Рудковский Р.Р. «Блуждающие» рассолы соляных толщ и их роль в затоплении соляных рудников / Р.Р. Рудковский // *Литасфера*. – 2009. – №.2. – С. 145-151.
- Созанский В.И. Геология и генезис соленосных образований / В.И. Созанский. – Киев: Наук. думка, 1973. – 200 с.
- Стовба С.Н. Про механізми соляного тектогенезу в Дніпровсько-Донецькій западині / С.Н. Стовба. // *Геолог України*. – 2005. – № 1. – С. 23-29.
- Файф У. Флюиды в Земной коре / У. Файф, Н. Прайс, А. Томпсон. – М.: Мир, 1981. – 423 с.
- Холодов В.Н. Элизонные процессы и соляная тектоника. *Сообщ. 2. К проблеме формирования соляных диапиров / В.Н. Холодов // Литология и полез. ископаемые*. – 2013. – № 4. – С. 319-340.
- Хрущов Д.П. О механизме движения вещества в солянокупольных структурах по литологическим данным / Д.П. Хрущов, С.Б. Шехунова // *Инженерно-геологические проблемы создания подземных хранилищ*. – М.: Недра, 1988. – С. 108-115.
- Шехунова С.Б. Изменения структурно-текстурных особенностей строения соляных пород в объёмном напряжённом состоянии / С.Б. Шехунова // *Геол. журн.* – 2003. – № 3 (305). – С. 58-64.

Manuscript received 28 September 2018;
revision accepted 01 November 2018

Інститут геологічних наук НАН України,
Київ, Україна

ФАКТОРИ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ СОЛЯНИЙ ДІАПІРИЗМ У ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКІЙ ЗАПАДИНИ

В.С. Куріленко

Описано соляний діапiризм як тверду течію солей з урахуванням флюїодинамічних уявлень. Висока пластичність і низька щільність солей є причиною конвективної нестійкості осадової товщі, що приводить до утворення специфічних соляних структур. Специфіка виражається в просторовій періодичності розміщення соляних структур у вигляді лінійних форм або гексагонів (поодиначених куполів) у залежності від критичних значень числа Релея. Оцінено вплив геотектонічного і гравітаційного факторів, вплив високотемпературних глибинних флюїдів. На течію солей впливають вібраційні сили, що задають дискретний характер розмірів соляних структур і відстаней між ними. Описано негативні наслідки техногенного фактора.

Ключові слова: соляний діапiризм, конвективна нестійкість, релаксація, число Релея, вібрація, резонанс, геодинамічна сітка.