

**В. С. Куриленко, Е. С. Петрова, Т. В. Гусынина**

## **ГАЛОКИНЕЗ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОЙ ВПАДИНЫ**

Подано опис галокінезу як твердої течії солі, до якого можна застосувати поняття в'язкості та реїдності. Висока пластичність і порівняно низька щільність солі є причиною конвективної нестійкості осадової товщі, що призводить до утворення специфічних сольових структур. На течію солі впливають вібраційні сили та високотемпературні глибинні флюїди. Галокінез верхньодевонської солі чітко контролює структурний план надсольових відкладів і нафтогазоносність Дніпровсько-Донецької западини.

The description of galokines as a solid flow of salt is presented to which such notions as viscosity and rheidity can be applied. High plasticity and relatively low salt density is the reason of convective instability of sedimentary bulk with respect to the formation of specific salt structures. Vibration forces and high temperature deep fluids influence salt flows. Galokines of upper-devonian salt firmly governs a structure map of oversalt deposits and oil-gas content of the Dnieper-Donetsk depression.

**Введение.** Галокінез\* (пластическая деформация солей, "текучесть" солей под воздействием неравномерных нагрузок) обуславливает особый вид складчатости нагнетания — соляной диапиризм. Складки, вызванные и осложненные соляным диапиризмом, широко распространены во многих нефтегазоносных бассейнах мира, в частности в Днепро-Донецкой впадине (ДДВ). В ядре большинства антиклинальных складок ДДВ находится соль, и с такими складками связаны сводовые ловушки углеводородов (УВ), самые разнообразные по строению и объемам запасов нефти и газа в них. Отсюда научно-практический интерес к механизму формирования этих складок, так как понимание процессов и особенностей соляной тектоники способствует более качественному моделированию геологических объектов, повышению эффективности поисково-разведочных работ на нефть и газ.

**Постановка задачи.** Исследование закономерностей развития галогенных образований и связанной с ними соляной тектоники в нефтегазоносных бассейнах имеет принципиальное значение, поскольку соли обеспечивают необходимые и достаточные условия для формирования и сохранности промышленных скоплений УВ. Проблеме соляного тектогенеза посвящено множество публикаций. Наиболее значимыми из них мы считаем монографии В. И. Китыка [6, 7], остающиеся непревзойденным справочным руководством для тектонистов и геологов-нефтяников по сей день, несмотря на солидный возраст изданий.

Заслуживает внимания монография В. И. Созанского [12], где изложена схема галогенеза (происхождения соляных масс в объемах, достаточных для галокінеза). Приведены данные о выносе солей по крупным разломам из глубинных частей (подкоровых зон) Земного шара. Автор доказывает несостоятельность "барового" (эвапоритового) накопления соляных масс. Эта точка зрения упомянута здесь потому, что она нашла неожиданное подтверждение в последующих наших палеореконструкциях.

Механизму соляного тектогенеза посвящены исследования Д. П. Хрущова и С. Б. Шехуновой, разработавших современную модель галокінеза на вещественно-литологическом уровне [15, 16].

Одному из авторов данной статьи В. С. Куриленко принадлежит публикация о формировании соляных структур под влиянием геодинамических напряжений [8]. В ней, вопреки общепринятому мнению о дисгармоничности и неупорядоченности, в лучшем случае об ограниченно линейном характере размещения соляных дислокаций, говорится о закономерной периодичности в их пространственном положении, о существовании региональных симметрично-полигональных систем, где все элементы взаимосвязаны и взаимообусловлены. Такие системы, названные авторами [8] "геодинамической решеткой", "геодинамической сетью", присутствуют во всех нефтегазоносных провинциях мира независимо от истории их формирования и литолого-стратиграфических особенностей разреза, но наиболее ярко они проявляются в соляных бассейнах. В силу своей уникальной текучести галогенные образования (каменная соль, сильвинит и пр.) образуют ритмичные структуры, обусловленные многократными периодическими воздействиями внешних сил.

\* Термин "галокінез" ввел немецкий геолог Ф. Трусхейм (F. Trusheim) в 1957 г. для описания движения соли и соляной тектоники [11, 14].

При работе над проблемой соляного тектогенеза возникает множество вопросов, представляющих актуальный научно-практический интерес и требующих скорейшего решения. В частности, какова кинематика течения соляных масс, как влияет интенсивность галокинеза на нефтегазоносность и др. Именно этим двум аспектам посвящена настоящая статья.

**Материалы и методы исследования.** Использованы геофизические (сейсмостратиграфические построения В. А. Редколиса, М. Т. Турчаненко и С. Н. Столбы вдоль региональных сейсмических профилей МОГТ) материалы и результаты буровых работ в районе Синевского соляного штока (Гадячская и Колесниковская площади), а также данные работы [1] по Восточному нефтегазоносному региону. В качестве примера "перетока" солей и формирования соляного штока приведены фрагмент сейсмического профиля Великая Богачка — Синевка и соответствующие ему палеопрофили (рис. 1). Палеопрофили и графики роста соляных структур (рис. 2) построены с использованием методов палеоструктурной геологии [4, 6].

**Описание галокинеза.** Соляной тектогенез является особым видом диапировой складчатости. Его специфичность связана с тем, что перераспределению и подъему соляных масс, прорыву их сквозь вышележащие отложения способствуют не только высокая пластичность солей под давлением, но и инверсия плотностей: у солей она составляет в среднем  $2,2 \text{ г/см}^3$ , у перекрывающих их даже малоуплотненных песчано-глинистых пород около  $2,5\text{—}2,6 \text{ г/см}^3$ . "Течение" солей начинается при толщинах перекрывающих отложений 600—1000 м; на этих глубинах возникают необходимые градиенты плотности и литостатические давления [13].

Считалось, что основным фактором вывода солей из первоначально пластового залегания является периодическая активизация тектогенеза, выражающаяся в подвижках блоков фундамента (вертикальных, горизонтальных, более сложных с наклоном и вращением). Смещения блоков создают контрастные силовые поля, которые обеспечивают миграцию (течение) соляных масс в направлении восстановления равновесного состояния [6, 7]. Современные представления о диапиризме рассматривают его как проявление гравитационной конвекции [2, 5, 9]. В силу физического принципа конвективной неустойчивости происходит "всплывание" относительно легких солей, а более плотные породы опускаются вниз, занимая освободившееся пространство. Это как бы ограниченная конвекция, отличающаяся отсутствием завершенности цикла кругооборота вещества и энергии, названная **адвекцией** [5].

В процессе движения соль деформирует надсолевою толщу с интенсивностью, прямо зависящей от объема соляной массы и перекрывающих отложений. Образуется генетический ряд соляных структур от "подушек" и куполов до соляных штоков и валов. Соляная масса может приподнимать и прорывать надсолевые отложения, какими бы мощными они ни были. Известны соляные штоки в виде столбов, поднявшихся с глубин до 9 км (Прикаспийская впадина) и до 14 км (Мексиканский бассейн), а также сферические отдельности, оторвавшиеся при подъеме вверх от материнского массива. При достаточной площади соленакопления диапировые купола группируются в кольца и многоугольники, формируя гексагональные пространственные "решетки" [2, 8, 14]. Образовавшиеся "ячейки" имеют горизонтальные размеры, прямо зависящие от толщины участвующих в галокинезе слоев. Таким образом, иницирующим началом течения солей служат разности литостатических давлений в соляном массиве за счет неровностей рельефа или плотностных неоднородностей в перекрывающей толще, а не только подвижки блоков фундамента.

Течение солей — это сложный реологический процесс, а не фазовый переход всей соляной массы в некое флюидообразное или квазивязкое состояние. По нашим представлениям, в соляном теле под влиянием длительно действующих внешних нагрузок и внутренних напряжений происходит прерывисто-непрерывный релаксационный процесс перестройки его структуры. Этот процесс заключается 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, дроблении и скалывании кристаллов, в разрывах, будинировании и сбросообразовании отдельных пластов. Пластические деформации занимают промежуточное положение, развиваются при длительно действующих нагрузках, проявляясь через расслоение кристаллов параллельно кристаллографическим граням и скольжение вдоль граней без нарушения сплошности блока. Гипотеза дислокаций (зацеплений) объясняет пластические деформации в солях как перестройку и восстановление кристаллической решетки через рекристаллизацию, после которой внутренние динамические напряжения в кристалле исчезают и в нем восстанавливаются первоначальные механические свойства [7].

Современная модель галокинеза, разработанная Д. П. Хрущовым и С. Б. Шехуновой [15], связывает начало движения соляных масс с возникновением зон (каналов) течения. В зонах течения происходят пластические (в основном) и хрупкие деформации, а также межзерновые проскальзывания и рекристаллизация. По мере развития хрупких деформаций появляются плоскости соскальзывания,

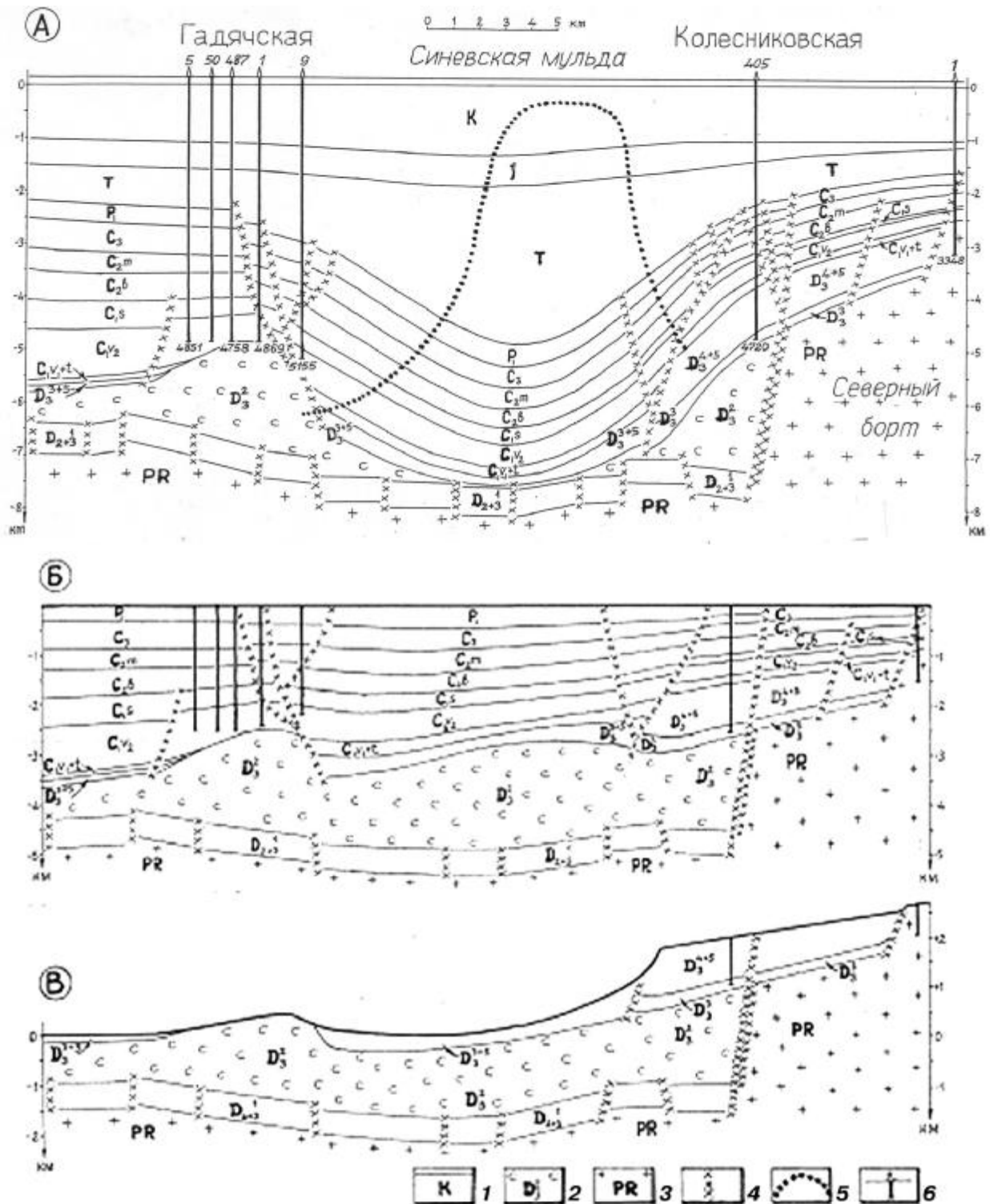


Рис. 1. Сейсмостратиграфический разрез через Гадячскую и Колесниковскую структуры и Синевскую мульду (А). Палеогеологические профильные разрезы на начало триасового (Б) и конец девонского (В) периодов

1 — осадочные породы и их стратиграфические индексы: К, J и Т — меловая, юрская и триасовая системы, P<sub>1</sub> и C<sub>3</sub> — нижнепермский и верхнекаменноугольный отделы, C<sub>2m</sub> и C<sub>2b</sub> — московский и башкирский ярусы среднекаменноугольного отдела, C<sub>1s</sub>, C<sub>1v2</sub> и C<sub>1v1+t</sub> — серпуховский ярус, верхне- и нижневизейский подъярусы и турнейский ярус нижнекаменноугольного отдела, D<sub>3</sub><sup>4+5</sup>, D<sub>3</sub><sup>3+5</sup> и D<sub>3</sub><sup>3</sup> — верхнедевонский отдел и его надсолевые толщи, D<sub>1</sub><sup>2+3</sup> — подсолевая толща средне- и позднедевонского возраста; 2 — верхнедевонская соляная толща; 3 — кристаллические породы фундамента протерозойского возраста; 4 — разрывные нарушения; 5 — контур Синевского соляного штока, отстоящего к востоку от линии профиля на 2 — 6 км; 6 — скважины глубокого бурения

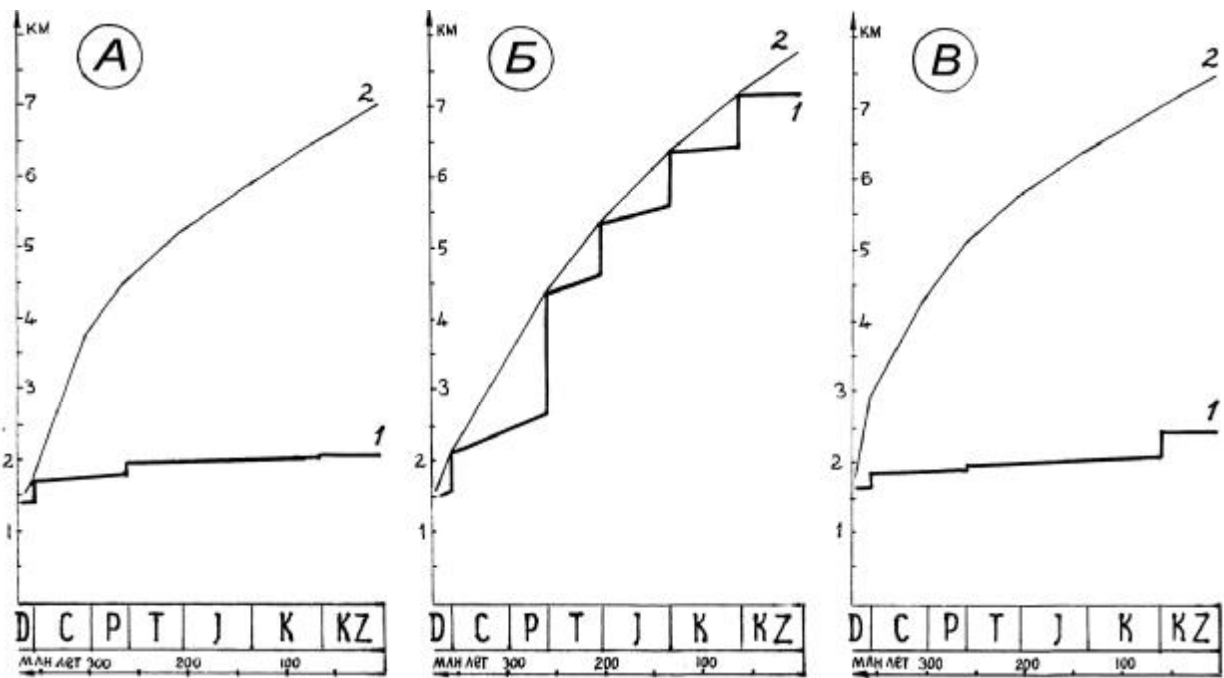


Рис. 2. Графики роста Гадячской структуры (А), Синевского штока (Б), Колесниковской структуры (В)  
1 — положение поверхности соли, 2 — то же надсолевых отложений

где межзерновые проскальзывания становятся преобладающими. Формируются непрерывно-прерывистые поверхности скольжения, разделяющие соляной массив на отдельные блоки, движущиеся относительно друг друга с различными скоростями.

Поскольку горные породы способны "течь", то к ним применимо понятие **вязкости** — свойство минералов сопротивляться изменению формы и структуры под воздействием внешних нагрузок и собственного веса. Динамическая вязкость некоторых веществ: материал турбидитных потоков — до  $10^4$  пуаз (П), лава — не более  $10^{13}$  П, каменная соль — около  $10^{18}$  П, вещество верхней мантии — около  $10^{22}$  П, кристаллические горные породы — до  $10^{23}$  П [3, 9].

Прямое отношение к галокинезу имеет концепция реидности — способности горных пород к "течению" и пластической деформации в твердом состоянии при наличии достаточного времени. Реидность определяется временем, необходимым для того, чтобы вязкое течение в 1000 раз превысило упругую (обратимую) деформацию при заданных температуре, давлении и ориентированном напряжении [11]. Реидность льда, например, измеряется неделями, т. е. сопоставима с миллионом секунд ( $10^6$  с), реидность соли — около года ( $10^7$  с), а гипса — около 10 лет ( $10^8$  с). Реологический подход к геологической среде позволяет считать ее "вязкой жидкостью", поскольку период релаксии большинства горных пород несоизмеримо меньше продолжительности тектонических деформаций ( $10^9$ — $10^{11}$  с против  $10^{12}$ — $10^{14}$  с) [3, 11].

В работе [16] описан уникальный случай техногенного галокинеза, интенсивно развивавшегося в течение очень короткого времени, сопоставимого с реидностью солей. В разрезе соляной массы присутствуют разрывные деформации наравне с пластическими: будины, микротрещины, плоскости скалывания, дробление зерен до превращения их в гранулит и милонит. Там же описано "затекание" солью промышленной выработки. Заполнившая камеру соляная масса уплотненная, консолидированная, без видимых трещин и пустот. Эти наблюдения показывают, что деформация соляных пород осуществляется главным образом через трещиноватость, разрывные нарушения со смещением и милонитизацию. Через "мелкие" разрывные нарушения на уровне прослоев, трещин и зерен реализуется процесс пластической деформации на более высоком уровне — в объеме всего соляного массива. Движение солей начинается в местах наибольших градиентов нагрузок, где образуются сложные системы трещин. Вдоль этих трещин происходят фрагментарные перемещения и перераспределения соляных масс. Размеры соляных отдельных, участвующих в движении, могут быть самые разные: от мельчайших зерен (милонитизированных продуктов перемола) до объемистых целиков, не затронутых внутри процессами перестройки. И если в таком целике окажутся инородные включения типа глыб эффузивов (ксенолиты), то они "поплывут" вместе с солями, несмотря на существенную разницу в плотностях (у диабазов —  $2,9 \text{ г/см}^3$ ; у солей —  $2,2 \text{ г/см}^3$ ). Этим объясняется вынос тяжелых глыб диабазов и других пород в кепроки и на дневную поверхность.

Важную роль играет минеральный состав, определяющий физико-механические свойства солей. Согласно данным работы [16], в зонах интенсивной деформации соляных пород формируются два основных структурных вида: а) будинированные фрагменты прослоев каменной соли, внутри которых структура и текстура мало изменились, если не считать проявления трещиноватости по спайности в зернах галита; б) зоны течения, сложенные в основном сильвинитом, прослоями обогащенным глинистым веществом. В зонах течения порода сильно милонитизирована, зерна сильвина полностью видоизменены, развиты плоскости скольжения.

Если процесс галокинеза протекает замедленно, в природном режиме (длительность его больше реидности солей), то развиваются преимущественно пластические деформации в виде разнообразных и разновеликих складок и путем рекристаллизации минералов. В работе [13] дано красочное описание складок, вскрытых в соляных выработках: оси мелких складок нанизаны на крылья более крупных с образованием шевронных или зигзагообразных рядов; осевые поверхности складок параллельны между собой и радиальны по отношению к соляному куполу; во вскрытом разрезе не замечены ни пересечения соляных слоев, ни несогласные контакты между ними.

Таким образом, течение солей — процесс неравномерный по разрезу соляного массива: от практически недеформированных целиков (в них сохраняется горизонтальная или слабонарушенная слоистость) до зон "псевдоламинарного течения" с прослоями милонитизированных и плотных гранулированных солей. Интенсивность галокинеза резко меняется на небольших расстояниях, измеряемых десятками и сотнями метров [13], что кажется парадоксальным представлениям о нагнетании [14]. По-видимому, разгрузка напряжений и соответствующий ей переток солей происходят в узких зонах прорыва, а не по всему соляному массиву.

На течение солей активное воздействие оказывают высокотемпературные глубинные флюиды (газы, рассолы, гидротермальные воды). Разбавляя предельно насыщенные межкристаллические растворы, эти флюиды стимулируют процессы растворения солей и ослабления кристаллических связей. Они уменьшают плотность солей, тем самым увеличивая градиент плотностей и ускоряя адвекцию. Флюиды играют важную роль в процессе милонитизации пород, смачивая и разделяя соляные зерна, растворяя и сглаживая неровности трущихся поверхностей. Проникая под напором в трещиноватые зоны, они осуществляют гидроразрывы соляного пласта. Флюиды являются активными теплоносителями, а увеличение теплового потока и прогрев соляной массы также улучшают пластические свойства солей [7]. Содержание флюидов может быть настолько значительным, что после их диффузии происходит проседание соляного массива, образуются так называемые деградирующие штоки. Разумеется, в деградации штоков играет свою роль и выщелачивание солей.

Среди причин, выводящих соль из равновесного состояния и вызывающих их течение, в литературных источниках мы не нашли упоминаний о периодических воздействиях внешних и внутренних сил на Землю в целом и на ее составные части, включая земную кору, осадочный чехол, отдельные комплексы и пласты горных пород. Восполним этот пробел.

Тектонические движения можно рассматривать как сумму "медленных" (в геологическом понимании) и "быстрых" составляющих. "Быстрые" движения обусловлены высокочастотными вибрационными воздействиями космических сил — вращением Земли и гравитационным притяжением Луны, Солнца и планет Солнечной системы. **Вибрация** — это механические колебания, период которых значительно меньше характерного промежутка времени, на котором рассматривается движение (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 характерного размера системы. Из множества эффектов, возникающих при вибрации, кроме упругих деформаций, отметим виброреологические, имеющие прямое отношение галокинезу. Прежде всего это изменение реологических свойств веществ (кажущееся превращение сухого трения в вязкое, снижение коэффициента сухого трения, эффекты виброползучести и вибропластичности), а также возникновение интенсивного механического взаимодействия между частицами многокомпонентных смесей и активизация химических реакций, эффекты вибрационного перемещения (возникновение медленных потоков и течений сыпучих и вязких материалов, дрейф, сепарация и локализация однородных частиц), перестройка колебательных систем с исчезновением прежних и появлением новых положений равновесия. Выведению солей из пластового состояния способствует также явление **усталости** материала. При этом разрушение системы (по сути переход ее в новое состояние) при воздействии знакопеременных или пульсирующих напряжений происходит при значительно меньшем уровне постоянных напряжений.

Известно также, что Земля в целом и ее составные части как физические тела обладают собственной частотой. Если частота внешних воздействий (вынужденная частота) совпадает с собственной, то возникает явление **резонанса**, приводящее не только к разрушению целостности физического тела (выведению соли из стабильного пластового состояния в текучее), но и к органи-

зации вещества в новом порядке. Течение солей может сопровождаться автоколебаниями — незатухающими колебаниями, подпитываемыми внешним источником энергии неколебательного свойства (в данном случае давлением надсолевой толщи).

Совокупным действием перечисленных явлений и эффектов мы объясняем течение солей и упорядоченное расположение соляных структур в виде регулярных симметричных геодинамических систем, описанных в работе [8].

**Галокинез в Днепровско-Донецком соленосном бассейне.** Здесь известны две толщи верхнедевонских и одна толща нижнепермских солей. Доминирующую роль в формировании структурного плана каменноугольных и мезозойских отложений сыграла "нижняя" верхнедевонская соль. Движение соляных масс и формирование структурного плана меж- и надсолевых отложений имели циклический характер. Каждый цикл совершался в две фазы: первую, продолжительную, соответствующую опусканию региона, накоплению в его пределах осадков и медленному росту соляных структур, и вторую, относительно кратковременную, отвечающую региональному подъему и толчку в росте этих структур [6]. О циклическом росте соляных поднятий говорит то, что соль в одних случаях только приподняла надсолевые отложения, образовав "соляные подушки" (криптодиапироидные складки), в других — прорвала надсолевые отложения до определенного стратиграфического уровня (криптодиапировые складки) и даже вышла на современную дневную поверхность (диапировые складки с открытым ядром протыкания — соляные штоки в чистом виде). В криптодиапировых складках основными стратиграфическими уровнями остановки соли являются: между девонскими и каменноугольными (D/C), пермскими и мезозойскими (P/MZ), мезозойскими и кайнозойскими (MZ/KZ) отложениями. Известны также "второстепенные" остановки соли между системами и отделами стратиграфической шкалы, но они имеют частный характер. Соответственно, выделяют четыре основных структурных этажа: надсолевой верхнедевонский, каменноугольно-нижнепермский, мезозойский и кайнозойский.

Наглядное представление о геологической обстановке дают палеопрофили с линиями приведения, приуроченными к поверхностям структурных этажей [4]. На рис. 1, А приведен фрагмент регионального сейсмостратиграфического профиля на участке Гадячской и Колесниковской структур, а на рис. 1, Б и В — палеопрофили с линиями приведения к кровле нижнепермских и кровле верхнедевонских отложений соответственно.

Палеопрофиль, приведенный к кровле мезозойских отложений не построен, так как он практически дублировал бы рис. 1, А. Палеопрофиль по поверхности нижнепермских осадков построен с горизонтальной линией приведения, и это в данном случае правомерно: завершение каменноугольно-пермского цикла имело регрессивный характер, что вело к пенепленизации и выравниванию палеоповерхности.

Сложнее обстоит дело с палеопостроениями на рубеже позднедевонской и раннекаменноугольной эпох. Формальное приведение разреза к горизонтальной линии палеоповерхности из-за резких перепадов толщин надсолевых девонских отложений вызвало бы маловероятные смещения блоков фундамента, что совершенно изменило бы структурный план подсолевого ложа. Вероятно, в то время существовал сложный резко расчлененный рельеф, состоящий из двух террас, Синевской "лагуны", Гадячского соляного "барьера" и "открытого моря" (рис. 1, В, справа налево). Верхняя терраса являлась выходом кристаллических пород фундамента на поверхность; это тектонический уступ северного борта Днепровско-Донецкого палеорифта. У подножия уступа располагалась вторая терраса, сложенная делювиальной толщей (600—900 м) продуктов разрушения и сноса скальных пород фундамента; терраса имеет признаки оползня, а ограничивающие ее тектонические нарушения могут быть сбросами растяжения, переходящими на глубине в поверхности скольжения. Далее на юг находилась Синевская "лагуна", выполненная верхнедевонскими отложениями значительно меньшей толщины (200—400 м); возможно, это продукты грязевых потоков. Синевская "лагуна" отделена от "открытого моря" Гадячским соляным "барьером", на котором нет надсолевых девонских отложений. И далее за барьером — "открытое море" с маломощной пачкой надсолевых морских осадков (всего 100 — 150 м). Происхождение Гадячского "барьера" может быть двояким. Возможно, он возник в результате бокового давления со стороны грязевого потока, а позднее его рельефность усилилась в процессе выдавливания соли из Синевской "лагуны". Но более вероятной представляется версия об изначальном существовании "барьера" в виде гряды хомогенных холмов, возникших в результате садки солей из глубинных источников горячих рассолов. В качестве примера можно привести рельефные формы из галита в сбросовых долинах Восточной Африки (Данакильская соляная долина) и Ближнего Востока (Мертвое море, Красное море) [12]. Общий перепад высот палеорельефа на рассматриваемом участке профиля составлял 2,5 — 3,0 км.

При палеопостроениях мы исходили из предположения, что взаимоположение блоков фундамента слабо изменялось во времени; разве что несколько увеличилась амплитуда краевого разлома

в позднепалеозойское время (с 3,5 до 4,2 км). Поэтому рельеф подсолевого ложа на палеопрофилях дублируется почти без изменений.

На рис. 1 видно, что Колесниковская структура является криптодиапироидной складкой (без прорыва солью вышележащих отложений), если следовать классификации В. И. Китыка [6, 7], Гадячская — криптодиапировой (соль прорвала девонские надсолевые отложения и остановилась в предкаменноугольное время). Хорошо видно, что на месте Синевской мульды существовала соляная подушка, соль которой "перетекла" в Синевский шток в течение триасового периода.

Представляется возможным оценить скорость течения соли. Элементарный обмер позволяет определить объем Синевского штока: 180 — 200 км<sup>3</sup>. Диаметр штока у основания — 10 км, толщина первоначально пластовой соли — 1,5 км. Соль могла поступать не по всему периметру, а только через 2/3 его (об этом свидетельствует асимметричное строение Синевской мульды). Поперечное сечение, через которое соль поступала из мульды в шток, составляет 30—32 км<sup>2</sup>. Продолжительность триасового периода — 45 — 50 млн лет (из разных источников). Отсюда крайние значения скорости течения соли: от 110 до 150 м/млн лет. Аналогичные расчеты Ф. Трусхейма на примере Северогерманского бассейна показали, что скорость движения пермской соли там составляла около 300 м/млн лет [11]. Разумеется, приток соли в Синевский шток был крайне неравномерным и во времени, и в пространстве.

На рис. 2 представлены графики роста исследуемых структур, включая Синевский шток. Из рисунка следует, что соляные ядра Гадячской и Колесниковской структур были заложены еще в предкаменноугольное время, но развивались эти структуры слабо; средняя скорость их роста в последевонское время вплоть до кайнозоя (290 млн лет) не превышала 2 м/млн лет. Синевский шток (он расположен к востоку от створа профиля на 2 — 6 км) развивался активно за счет подпитки солью из мульды до полного ее истощения и остановился в предкайнозойское время; средняя скорость его роста составляла 46,7 м/млн лет в триасовое время и 9,6 м/млн лет в мезозойское. Шток рос скачкообразно [5], но, не зная продолжительности периодов активизации, трудно оценить "мгновенную" скорость. Можно предположить, что она выше средней на несколько порядков.

**Галокинез и нефтегазоносность.** Проведено специальное исследование связи между интенсивностью галокинеза и распределением доказанных извлекаемых запасов углеводородного сырья в пределах ДДВ. Установлено, что при четырех "состояниях" верхнедевонской соли наиболее "продуктивны" криптодиапироидные структуры — соляные подушки (без прорыва соли в вышележащие отложения) — 55,8% и с соляными диапирами (криптодиапирами, сквозными штоками) — 33,5% запасов УВ. На долю структур, где соль в пластовом залегании (нет признаков ее течения) или ее вообще нет, приходится 10,4 и 0,3% запасов (см. таблицу). Почти все крупные скопления УВ (в них сосредоточено 63,7% всех запасов) также связаны с соляными подушками и диапирами. Средний объем запасов УВ в одной залежи прямо зависит от характера соляной тектоники: минимальный объем запасов (0,19 млн т нефтяного эквивалента) в залежи, в разрезе которой нет соли, и максимальный (2,28 млн т) — в залежи, в строении которой принимает участие соляная подушка. Приведенные цифры отражают очевидную закономерность: галокинез и формирование скоплений УВ есть единый

**Распределение извлекаемых запасов УВ (нефти, газа и газового конденсата) в зависимости от интенсивности галокинеза**

Месторождения с извлекаемыми запасами УВ	Характер соляной тектоники				Всего,%
	Соли нет	Соль в пластовом залегании	Соляная подушка	Соляной диапир	
До 3 млн т нефтяного эквивалента (н. э.)	0,3	0,2	1,4	1,8	3,7
3 – 10 млн т н. э.	–	2,4	5,1	2,4	9,9
10 – 30 млн т н. э.	–	3,5	13,0	6,2	22,7
Более 30 млн т н. э.	–	4,3	36,3	23,1	63,7
Всего,%	0,3	10,4	55,8	33,5	100,0
Средний объем запасов УВ в одной залежи, млн т н. э.	0,19	1,64	2,28	1,94	2,02

флюидодинамичный процесс, влияющий, по-видимому, и на структурообразование [10]. Однако при интенсивном соляном диапиризме возникает сквозной вертикальный канал миграции флюидов, ведущий к "дегазации недр" и разрушению залежей УВ. Это видно из сопоставления запасов, связанных с соляными подушками и диапирами: отличия в 1,6—2,1 раза.

**Выводы.** На основании изложенного можно утверждать следующее:

1. Галокинез — твердое течение солей, обусловленное их специфическими физическими свойствами: высокой пластичностью под давлением и низкой плотностью по сравнению с перекрывающими породами. В силу конвективной неустойчивости соляная масса сначала концентрируется в виде купола, затем выжимается вверх, приподнимая и прорывая вышележащие отложения.

2. Течение солей — неравномерный во времени и по объему соляного тела прерывисто-непрерывный релаксационный процесс структурно-кристаллической перестройки через хрупкие и пластические деформации. К течению солей применимы понятия вязкости и реидности, так как продолжительность перестройки солей значительно короче времени воздействия внешних нагрузок.

3. На течение солей влияют регулярные периодические энергетические воздействия (вибрации) внешней среды, вызывающие явление резонанса, а также высокотемпературные глубинные флюиды.

4. Моделирование галокинеза на примере Синевского штока позволило оценить среднюю скорость течения соли 110—150 м/млн лет. Скорость роста Синевского штока составляла 46,7 м/млн лет в триасовый период и 9,6 м/млн лет в юрско-меловое время.

5. При исследовании зависимости между интенсивностью галокинеза и нефтегазоносностью ДДВ установлена прямая связь: наиболее "продуктивны" соляные подушки и криптодиапиры, но до определенного уровня; если соль прорывается на поверхность, то образуется вертикальный канал миграции флюидов, ведущий к разрушению залежи УВ.

1. Атлас родовищ нефти і газу України. — Львів, 1988. — Т. 1—3. — 1424 с.
2. Белоусов В. В. Основы геотектоники. — М.: Недра, 1989. — 382 с.
3. Геологический словарь /Отв.ред.Паффенгольц К. Н. — М.: Недра, 1973. — Т. 1. — 488 с.; Т. 2.— 456 с.
4. Геология и нефтегазоносность Днепровско-Донецкой впадины: Методика изучения глубинного строения и нефтегазоносности / Гавриш В. К., Соллогуб В. Б., Недошовенко А. И. и др. — Киев: Наук. думка, 1987. — 148 с.
5. Гончаров М. А., Галицкий В. Г., Фролова Н. С. Введение в тектонофизику. — М.: Изд-во МГУ, 2005. — 496 с.
6. Китык В. И. Соляная тектоника Днепровско-Донецкой впадины. — Киев: Наук. думка, 1970.— 204 с.
7. Китык В. И. Условия образования соляных структур. — Киев: Изд-во АН УССР, 1963. — 296 с.
8. Куриленко В. С., Яньшина Н. А. Влияние геодинамических напряжений на формирование соляных структур Днепровско-Припятской газонефтеносной провинции // Геология нефти и газа. — 1988. — №12. — С. 25—29.
9. Кэри С. У. В поисках закономерностей развития Земли и Вселенной. — М.: Мир, 1991. — 448 с.
10. Лукин А. Е. О сквозьформационных флюидопроводящих системах в нефтегазоносных бассейнах // Геол. журн. — 2004. — № 3. — С. 34—45.
11. Оллиер К. М. Тектоника и рельеф. — М.: Недра, 1984. — 464 с.
12. Созанский В. И. Геология и генезис соленосных образований. — Киев: Наук. думка, 1973. — 200 с.
13. Спенсер Э. У. Введение в структурную геологию. — Л.: Недра, 1981. — 368 с.
14. Хаин В. Е. Общая геотектоника. — М.: Недра, 1973. — 512 с.
15. Хрущов Д. П., Шехунова С. Б. О механизме движения вещества в солянокупольных структурах по литологическим данным //Инженерно-геологические проблемы создания подземных хранилищ. — М.: Недра, 1988. — С. 108—115.
16. Шехунова С. Б. Изменения структурно-текстурных особенностей строения соляных пород в объемном напряженном состоянии // Геол. журн. — 2003. — №3. — С. 58—64.

Ин-т геол. наук Украины,  
Киев  
E-mail:tekst@ inet.ua

Статья поступила  
15.05.09