

УДК 551.24

doi: 10.55959/MSU0579-9406-4-2024-63-1-13-19

ФОРМА СОЛЯНЫХ ПОДНЯТИЙ КАК ИНДИКАТОР ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Дмитрий Сергеевич Зыков¹✉, Антон Владимирович Полещук²,
Алексей Олегович Агибалов³, Сергей Юрьевич Колодяжный⁴,
Екатерина Алексеевна Мануилова⁵

¹ ООО Газпром геотехнологии, Москва, Россия; Геологический институт РАН, Москва, Россия; d.zykov@gazpromgeotech.ru✉

² Геологический институт РАН, Москва, Россия; anton302@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7276-6107>

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия; agibalo@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6742-3524>

⁴ Геологический институт РАН, Москва, Россия; kolod63@mail.ru

⁵ Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия; manuilovaeaterina139@gmail.com

Аннотация. Формы соляных поднятий формируются под воздействием напряжений, развивающихся в земной коре, и поэтому могут рассматриваться как чувствительные индикаторы взаимодействия геодинамических систем. В Северо-Германском бассейне, в Предуральском прогибе на границе с Прикаспийской впадиной и в Припятском прогибе под воздействием влияния разных источников напряжений и деформаций возникли формы соляных поднятий, отражающие наложение этих систем. Механизмами такой суперпозиции являлись образования форм, связанных с результирующим сложением векторов деформации, и с интерференцией форм, связанных с каждой геодинамической системой в отдельности.

Ключевые слова: соляные поднятия, геодинамические системы, поля напряжения и деформации, суперпозиция

Для цитирования: Зыков Д.С., Полещук А.В., Агибалов А.О., Колодяжный С.Ю., Мануилова Е.А. Форма соляных поднятий как индикатор взаимодействия геодинамических систем // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2024. № 1. С. 13–19.

FORM OF SALT RISES AS AN INDICATOR OF INTERACTION OF GEODYNAMIC SYSTEMS

Dmitriy S. Zykov¹✉, Anton V. Poleshchuk², Aleksey O. Agibalov³,
Sergey Yu. Kolodyazhny⁴, Ekaterina A. Manuilova⁵

¹ ООО "Gazprom Geotechnologies"; Geological Institute RAS, Moscow, Russia; d.zykov@gazpromgeotech.ru✉

² Geological Institute RAS, Moscow, Russia; anton302@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7276-6107>

³ Lomonosov Moscow State University; Schmidt Earth Physics Institute RAS, Moscow, Russia; agibalo@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6742-3524>

⁴ Geological Institute RAS, Moscow, Russia; kolod63@mail.ru

⁵ Schmidt Earth Physics Institute RAS, Moscow, Russia; manuilovaeaterina139@gmail.com

Abstract. The forms of salt uplifts are formed under the influence of stresses developing in the earth's crust and, therefore, can be considered as sensitive indicators of the interaction of geodynamic systems. In the North German basin, in the Cis-Ural trough on the border with the Caspian depression and in the Pripyat trough, under the influence of various sources of stress and deformation, forms of salt uplifts arose, reflecting the superposition of these systems. The mechanisms of such a superposition were both the formation of forms associated with the resulting addition of deformation vectors and the interference of forms associated with each geodynamic system separately.

Keywords: salt uplifts, geodynamic systems, the fields of stress and deformations, superposition

For citation: Zykov D.S., Poleshchuk A.V., Agibalov A.O., Kolodyazhny S.Yu., Manuilova E.A. Form of salt rises as an indicator of interaction of geodynamic systems. *Moscow University Geol. Bull.* 2024; 1: 13–19. (In Russ.).

Введение. В последнее время в научной среде стал активно развиваться методический подход, при котором особенности тектонического развития платформенных территорий рассматриваются как производные от примерно одновременного взаимодействия нескольких источников тектонического воздействия, расположенных как за пределами

платформы, так и в ее пределах [Юдахин и др., 2003; Макаров и др., 2006; Никонов, 2016; Зыков, Полещук, 2016]. Базируется этот подход на идеях А.П. Карпинского, развитых в дальнейшем А.Д. Архангельским, Н.С. Шатским и др., которые на основании палеогеографических реконструкций Восточно-Европейской платформы (ВЕП) установили волнообразный

характер ее колебательных движений как проявление отклика платформы на активизацию смежных складчатых поясов.

По сути, такой методический подход, определяемый терминами «суперпозиция» [Макаров и др., 2006] или, более просто, «взаимодействие» [Зыков, Полещук, 2016] геодинамических систем, становится самостоятельным научным направлением, позволяющим лучше понять характер тектонических процессов и их проявлений.

В данной статье исследуются особенности проявления суперпозиции геодинамических систем на платформах, при этом проявления соляной тектоники рассматриваются как индикаторы взаимодействия этих систем.

Под геодинамическими системами (сокращенно — геосистемами) авторы вслед за коллегами [Макаров и др., 2006] понимают участки земной коры, объединяющие как области генерирования тектонических напряжений, передаваемых на платформы, так и области, испытывающие влияние этих источников на самих платформах.

Статья в определенной мере является продолжением двух опубликованных нами ранее работ [Зыков и др., 2022, 2023], в которых были рассмотрены вопросы детального внутреннего строения и внешней формы одного из локальных соляных куполов Припятского прогиба.

Материалы и методы исследования. Методической основой исследования является сопоставление в плане формы вытянутых соляных структур — антиклиналей, валов, цепочек куполов и т.п., закономерно образующихся в условиях ориентированных горизонтальных тектонических напряжений и деформаций, с направлением воздействия определенных геодинамических систем, и последующий анализ выявленных аномальных соотношений, как функции суперпозиции тектонических воздействий. Авторы опираются на идеи, изложенные в [Светлакова, 2009], согласно которым длинная ось соляных поднятий в плане на начальных стадиях обычно принимает форму иницирующих диапиризм деформаций фундамента, но в дальнейшем может меняться под воздействием существующих в толщах пород полей напряжений.

В ранние периоды изучения соляной тектоники тектонический фактор рассматривали в основном с точки зрения вертикального воздействия деформаций коренного ложа на активизацию диапиризма в соляных толщах. Упоминания о влиянии горизонтальных напряжений со стороны обрамления солеродных бассейнов или связанных с ними деформациях безусловно встречались, но сравнительно мало раскрывались [Косыгин, 1960]. Однако постепенно по мере распространения идей о широком проявлении в земной коре горизонтальных напряжений и деформаций акцент в понимании причин соляного тектогенеза постепенно смещался. В частности, гораздо больше стали обращать внимание на го-

ризонтальные напряжения, распространяющиеся в соленосных бассейнах.

Например, для Предуральского прогиба установлена тесная связь соляных диапировых структур с надвигами, направленными от Урала в сторону платформы. Было отмечено, что эта связь приводила к образованию цепочек соляных валов, линейно вытянутых вдоль простирания Урала. Появление надвигов связывают с горизонтальным давлением, оказываемым складчатой областью на прилегающие окраинные районы платформы [Косыгин, 1960; Конищев, 1984]. С точки зрения исследования особенно интересно, что, судя по материалам сейсмостратиграфии в данном районе отмечается существование соляных валов, не связанных напрямую с упомянутыми выше деформационными структурами вмещающих толщ, а расположенных вблизи или между ними. Это свидетельствует о том, что вытянутая форма соляных структур в этом случае обусловлена только боковым сжатием в породах, и соляной тектогенез непосредственно не провоцируется деформациями, нарушающими толщи пород [Светлакова, 2009].

Похожую картину описывают и для Предкарпатского прогиба, увязывая цепочки валов с фронтом надвигов, распространяющихся в сторону платформы [Косыгин, 1960], а также для Месопотамского предгорного прогиба в Иране, испытывающего горизонтальное давление со стороны Центрально Иранской плиты [Конищев, 1984; Davis, Engelder, 1987]. Подобные наблюдения были сделаны и в некоторых других соленосных районах Земли [Jenyon, 1986; Scheck et al., 2003].

Можно констатировать, что стало общепринятым рассматривать соляной диапиризм, и форму всплывающих соляных тел, в частности, не только как отражение деформаций ложа соляных толщ, но и как функцию горизонтальных напряжений в массивах пород, влияющих или через соответственные деформационные структуры, или без них. Сами напряжения рассматриваются в контексте геодинамических обстановок, возникающих в земной коре в районе соленосных бассейнов во время эпох тектонических активизаций [Хаин, 1977; Jenyon, 1986; Scheck et al., 2003; Беленицкая, 2016]. При таком подходе, в общем случае, соляные тела получают удлинение, перпендикулярное направлению сжатия или растяжения и приобретают форму вытянутых подушек, валов, стен и цепочек куполов, окруженных такими же вытянутыми синклиналиями.

В большинстве соленосных районов Земли направление удлинения соляных тел является выдержанным, и в случае тектоногенного происхождения валов является функцией проявления какой-нибудь одной геодинамической обстановки, часто воздействовавшей на толщи соли сразу после ее отложения и иницировавшей диапиризм. Однако встречаются и более интересные с точки зрения темы исследования случаи, когда соляное

поднятия образовывалось или развивалось в условиях суперпозиции двух геосистем. В этом случае форма соляных поднятий является индикатором проявления их взаимодействия.

Соляной тектогенез как отражение взаимодействия геодинамических систем. Северо-Германский бассейн. В пермское время в районах Северного моря, северной Германии, Польши и прилегающих областях возник вытянутый в запад-северо-западном направлении крупный, размерами примерно 1600×600 км прогиб, называемый Северо-Германским бассейном. Строение его хорошо изучено западно-Европейскими исследователями и неоднократно освещалось в отечественной литературе [Косыгин, 1960; Конищев, 1984; Jenyon, 1986; Jaritz, 1987; Scheck et al., 2003]. В перми в пределах этого бассейна отложилась мощная соленосная толща, получившая название цехштейна, в пределах которой впоследствии стала активно развиваться соляная тектоника и произошло массовое образование различных соляных структур — подушек, валов, куполов и т.п. [Jenyon, 1986; Jaritz, 1987; Scheck et al., 2003]. Распространены они на большей части цехштейнового бассейна, в плане часто имеют вытянутую форму, при размерах по длинной оси в десятки и сотни км, и организуются в примерно однонаправленные системы (рис. 1).

В настоящее время особенности пространственного распространения соляных структур, причины их образования, связь с геодинамическими обстановками и с полями напряжений по материалам исследований европейских ученых, апеллирующих к моделям движения литосферных плит, представляются следующим образом [Jenyon, 1986; Jaritz, 1987; Scheck et al., 2003]. После отложения солей в пермское время происходило несколько основных этапов соляного структурообразования. Первый происходил в позднетриасовое — раннеюрское время и был связан с растяжением, которое охватило всю северную и центральную Европу, и оси которого были ориентированы в северо-западном направлении. В это время в Северо-Германском бассейне был образован ряд грабенов, ориентированных в субмеридиональном направлении (Голландский грабен, грабен Хорн и др.), на обширных пространствах цехштейнового бассейна образовалась система параллельных грабенам вытянутых соляных диапировых структур. Следующий этап активизации солей имел место в позднеюрское — раннемеловое время. В это время геодинамическая обстановка изменилась, и соляная тектоника развивалась в обстановке растяжения, ориентированного в северо-восточных румбах. В это время по южной окраине солеродного бассейна также образовался ряд бассейнов, ориентированных примерно в северо-западном направлении (Нижне-Саксонский, Соле Пит бассейн), и возникло значительное количество вытянутых в таком же направлении соляных структур. Соляные структуры обеих генераций



Рис. 1. Соляная тектоника Северо-Германского бассейна как отражение суперпозиции геодинамических систем. 1–3 — соляные структуры, определенно возникшие под воздействием геодинамических систем (а — оси локальных вытянутых структур, б — генерализованные оси системы структур): 1 — T_3 – J_1 тектонического этапа, 2 — J_3 – K_1 тектонического этапа, 3 — возникшие на суперпозиции геодинамических систем; 4 — оси локальных структур, возникших за счет проявления других геодинамических систем, за счет ранговых изменений полей напряжений, воздействия структуры ложа соленосной толщи и т.п.; 5 — суша

в значительной мере разъединены в пространстве. Вторая генерация расположена южнее первой, обрамляя ее своеобразным поясом.

Позже в поздне меловое — кайнозойское время происходило еще как минимум два этапа активизации солей. Первый (поздне меловой — ранне кайнозойский) был связан север-северо-восточным сжатием. Оно возникло за счет альпийской конвергенции и привело к инверсии бассейна и образованию надвигов по его южному краю, второй (кайнозойский) — с его опусканием. В это время отчасти образовались новые соляные структуры (в частности, связанные с надвигами), а также получили дополнительный импульс развития уже имеющиеся ранее [Jaritz, 1987; Scheck et al., 2003].

Важно отметить также, что в районе Северо-Германского бассейна связь соляных структур с деформациями подстилающей соленосной толщи отмечена только в местах крупных дизъюнктивов (например, Северо-Эльбского), окраинных разрывов и разрывов под крупными грабенами. В большинстве случаев поверхность ложа под многочисленными и хорошо развитыми соляными структурами остается ровной, не деформированной, о чем свидетельствуют данные сейсмостратиграфии [Scheck et al., 2003]. Это дает возможность считать, что соляной тектогенез в бассейне возникал именно под воздействием напряжений, и вытянутая форма соляных структур обусловлена именно ими [Scheck et al., 2003].

Таким образом, в исследуемом районе разные геодинамические обстановки привели к образованию разно ориентированных систем вытянутых соляных структур. Анализ взаимного расположения этих структур в плане показывает, что большая часть их располагается на разных территориях: вытянутые субмеридионально севернее, в центре бассейна, вытянутые в северо-западном направлении — южнее, у его границы. Однако существует пограничная область, где они расположены вперемешку, или дают формы, где фрагментами присутствуют оба направления. И особенно важно, что в этих же областях можно наблюдать и промежуточные формы, имеющие северо-западную ориентировку.

Случаи проникновения принадлежащих разным системам соляных структур на «соседские» территории или образование форм, включающих соответствующие разным системам участки свидетельствуют только о том, что разные поля напряжений в разное время влияли на одни и те же области бассейна, а вот случай появления промежуточных по ориентировке форм представляет особенный интерес. Получается, что если отбросить зависимость их появления от неких случайных структурных факторов, то они образовались в промежуточном поле напряжения. Можно уверенно предположить, что это промежуточное поле напряжения существовало в середине юры и было связано с постепенным переходом от влияния более ранней геодинамической системы, связанной с северо-западным растяжением, к влиянию другой, более поздней геодинамической системы, связанной северо-восточным с растяжением. В этом случае можно уверенно предположить, что при смене геодинамических режимов был некий временной интервал, когда обе этих системы оказывали совместное суперпозиционное влияние на исследуемую территорию и давали промежуточные структурные формы. Этот процесс рассматривается в литературе как поворот осей [Scheck et al., 2003], который можно понимать как результат сложения векторов напряжений при суперпозиционном воздействии обеих геодинамических систем. Незначительность количества промежуточных форм указывает на относительно короткие сроки существования суперпозиционного воздействия геодинамических систем.

Таким образом, в данном случае соляная тектоника оказывается чутким индикатором влияния геодинамических систем, суперпозиция которых выявляется за счет образования промежуточных форм соляных структур, образующихся в результирующем поле напряжений.

Прикаспийская синеклиза и Предуральский прогиб. Другим местом, где соляная тектоника является индикатором суперпозиции двух геодинамических систем является район сочленения Прикаспийской синеклизы и Предуральского прогиба.

Прикаспийская синеклиза занимает юго-восточную часть ВЕП и представляет собой обширный

(несколько сотен км в диаметре) почти изометричный прогиб, развивающийся, вероятно, за счет протекания длительных физико-химических изменений в фундаменте. Комплекс чехла сложен породами от рифея до кайнозоя включительно, в центральной части мощность осадочных толщ достигает более 20 км и уменьшается к краям. Соляные отложения накапливались в основном в кунгурское время нижней перми. Их максимальная мощность ныне составляет в некоторых местах первые километры, и также уменьшается к краям. Солянокупольная тектоника активно начала проявляться с поздней перми и отдельные соляные поднятия развиваются до настоящего времени. С севера впадина ограничена зоной поднятий ВЕП. На границе с ней вдоль окраины впадины прослеживается субширотная полоса разрывов, преимущественно сбросов и реже взбросов, формирующих ступенчатый борт синеклизы [Милановский, 1987]. Соляные поднятия, расположенные в этой окраинной области, выстраиваются в вытянутые и почти прямолинейные в плане валы, параллельные субширотным разрывам и ступеням фундамента. Развитие соляных структур может быть увязано с влиянием этих разрывов на морфологию ложа, перепадом мощности солей у края прогиба и региональными напряжениями [Жарков, 1974; Конищев, 1984]. Все в целом свидетельствует о том, что соляная тектоника в этих местах развивалась как функция геодинамической системы Прикаспийской синеклизы и отражает возникающие в ее окраинных областях напряжения, как через образовавшиеся структуры (сбросы и, реже, взбросы в фундаменте и флексуры в чехле), так и отчасти напрямую через напряжения в горных породах.

Предуральский краевой прогиб связан с опусканием края ВЕП под складчатые структуры Урала. Он возник как реакция плиты на герцинский орогенез, но реактивировался и позже, вплоть до неотектонического этапа, о чем свидетельствуют приуроченные к нему долины современных рек. Прогиб выполнен комплексом отложений от палеозоя до кайнозоя включительно, мощность которых в основном увеличивается в восточном направлении. Соленакпление в прогибе происходило в нижней перми преимущественно в кунгурское время, когда накопились значительные толщи соли. Диапиризм начал активно развиваться в верхней перми-триасе и, как и в последующее время, находился под большим влиянием тектонического развития Урала. В плане соляные поднятия образуют по большей части протяженные, сравнительно прямолинейные соляные валы преимущественно субмеридионального, параллельного Уралу, простирания. В разрезе такие соляные структуры связаны с надвигами, возникшими под давлением Урала, и перемещающими породы с востока на запад, и часто повторяют в плане их контуры. Соляные валы иных, секущих прогиб простираний, также связаны с подстилающие соль структурами и имеют подчиненное распространение

[Жарков, 1974; Конищев, 1984; Милановский, 1987]. Отмечено и существование и соляных поднятий, не связанных напрямую с надвиговыми структурами, но имеющих Уральское простирание [Светлакова, 2009].

Все вышесказанное свидетельствует о том, что соляная тектоника в этих местах развивалась в контексте развития геодинамической системы Урал-Предуральский прогиб и через деформационные структуры чехла или без них отражает напряженное состояние геологической среды прогиба, возникшее за счет давления Уральского сооружения в сторону ВЕП.

Таким образом, в юго-восточном углу ВЕП, в том месте где Предуральский прогиб открывается в Прикаспийскую впадину, над Соль-Илецким погребенным выступом фундамента, образовалось место, где встречаются две разнородные, но одновременно развивавшиеся геодинамические системы — связанная с активизацией горизонтальной подвижности Урала на его западной границе, и связанная с тектоническими процессами опускания в Прикаспийской впадине; эти системы тоже имеют некоторую горизонтальную, видимо изменчивую, компоненту напряженного состояния на своей окраине. Представляет интерес проследить, как происходит взаимодействие этих геосистем, используя такой чуткий к напряжениям среды индикатор, как соляные поднятия.

Для этого более подробно рассмотрим расположение в плане соляных структур в месте встречи зон динамического влияния двух этих систем, выбрав в виде основы [Петрищев, 2010] (рис. 2), где рисунок расположения валов разумно генерализован. Анализируя положение вытянутых соляных структур в плане, можно отметить, что изложенные выше закономерности в общих чертах подтверждаются. На схеме четко выделяются субмеридионально ориентированные валы уральского простирания, и субширотные (в данном месте запад-северо-западные) — прикаспийского. Отклонения простираний соляных структур, (особенно уральского направления), расположенных несколько в стороне от места встречи двух систем соляных валов, могут иметь разные причины и, возможно, они связаны с изменчивой структурой подстилающих пород, которая инициировала диапиризм. Рисунок же валов в месте их встречи, скорее всего, отражает характер взаимодействия геосистем. Так, можно заметить, что на стыке протяженных валов и цепочек валов, принадлежащих разным системам, происходит загибание их окончаний навстречу друг другу, и они как бы стремятся образовать единую структуру (рис. 2, I в кружках). В этих же местах наблюдается и иная форма валов, когда в одном куполе присутствуют и субширотное и субмеридиональное направления и образуется крестообразная или «Т» — образная в плане форма (рис. 2, II в кружках). Такие примеры характерны для области преимущественно ураль-

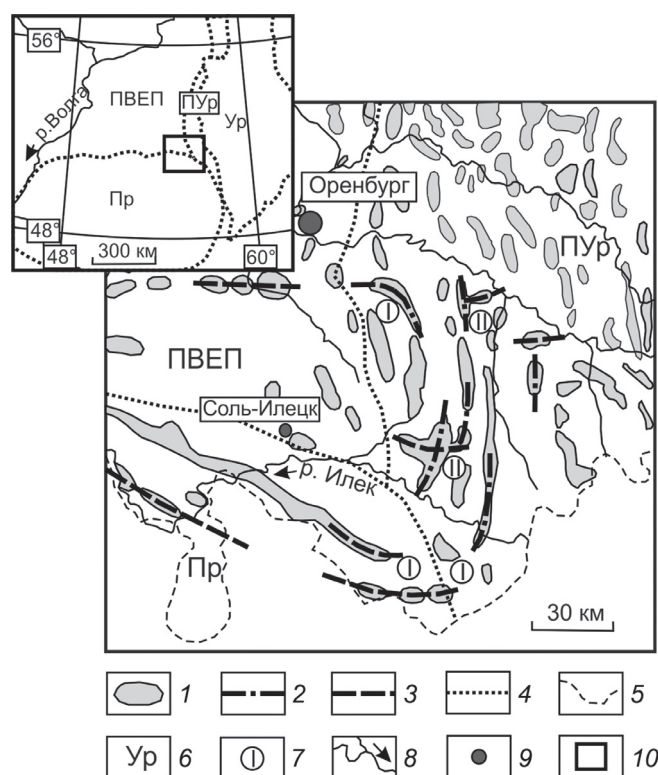


Рис. 2. Характер суперпозиции геодинамических систем в Южном Приуралье. 1 — соляные поднятия; оси вытянутых соляных поднятий, подвергающихся суперпозиции геосистем: 2 — уральского направления; 3 — прикаспийского направления; 4 — границы тектонических зон; 5 — государственная граница РФ с Казахстаном; 6 — названия тектонических зон; 7 — типы суперпозиции (пояснения в тексте); 8 — реки; 9 — города; 10 — положение исследуемого района на обзорной схеме. Римскими цифрами в кружках обозначены оси соляных поднятий и цепочек поднятий, относящихся к разным геодинамическим системам

ских простираний. Учитывая отмеченные закономерности, можно констатировать, что взаимодействие (суперпозиция) Уральской и Прикаспийской геосистем в исследуемом районе имеет три особенности проявления. Первая — образование обобщенных погребенных морфоструктур в результирующем поле напряжений, постепенно меняющемся от области влияния одной геосистемы к другой (изгибающиеся валы в местах встречи геосистем). Вторая — наложение (интерференция) воздействий геосистем, когда каждое из воздействий оставляет свой персональный след в общей погребенной соляной морфоструктуре (валы крестообразной формы). Третьей закономерностью, судя по незначительному количеству примеров проявления суперпозиции, является довольно четкое разграничение областей влияния геосистем, при сравнительно небольшом взаимопроникновении.

Припятская впадина. Припятская впадина является крупной структурой ВЕП, расположена на северо-западном продолжении Днепровско-Донецкого авлакогена между Белорусской антеклизой и Украинским щитом. Она вытянута в субширотном

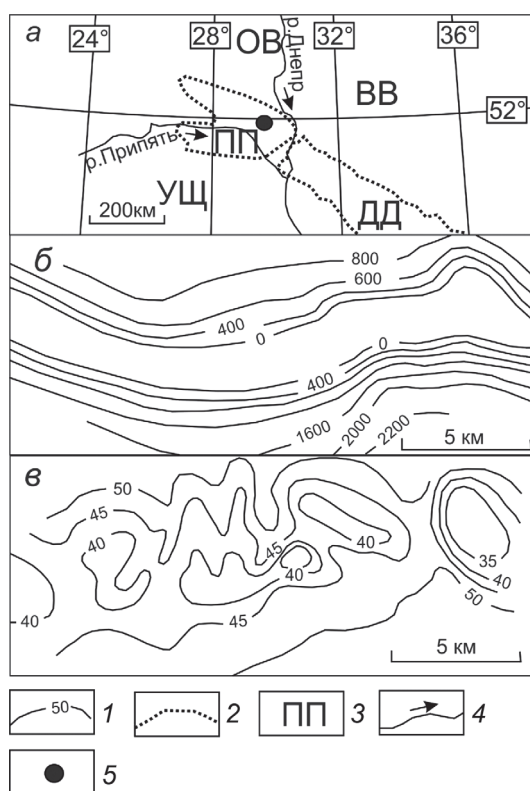


Рис. 3. Характер суперпозиции геодинамических систем в районе Речицкого соляного поднятия в Припятском прогибе: а — схема привязки; б — структура поднятия в каменноугольное время; в — структура поднятия в нижнемеловое время, по [Конищев, 1975]. 1 — изопахиты мощности отложений; 2 — контуры основных депрессий на ВЕП в регионе; 3 — названия крупных структур ВЕП в регионе; 4 — реки; 5 — место расположения Речицкого соляного поднятия в Припятском прогибе (генерализовано)

направлении и имеет максимальные размены примерно 150×300 км и глубину в первые км. Структура поверхности кристаллического основания представлена субширотно ориентированными рядами наклонных ступеней, связанных со сбросами, образовавшимися при региональном субмеридиональном растяжении. Развиваться она начала с верхнего рифея, и в ее чехол входят рифейские, палеозойские и мезо-кайнозойские отложения. Мощные соляные толщи откладывались преимущественно в верхнем девоне. Соляной диапиризм начался после их отложения и был инициирован структурами фундамента. Основными соляными структурами являются валы и брахиантиклинали, по типу принадлежащие преимущественно к криптодиапирам. Простираение соляных структур на большей части прогиба субширотное, в соответствии с простиранием разломов и ступеней основания. Их активный рост продолжался в основном в палеозое — начале мезозоя, потом стал затухать [Конищев, 1975], однако, полное прекращение роста соляных структур далеко не везде имело место. Анализ результатов этого процесса показывает, что он происходил в меняющихся внешних условиях, которые могли иметь несколько причин, накладывающихся друг на друга.

В работе [Конищев, 1975] приведены интересные графические построения, касающиеся этапов развития Речицкого соляного поднятия (рис. 3). В изогипсах приведена структурная схема поверхности девонских (фаменских) соляных толщ, и в изопахитах мощностей — отдельные горизонты пермских, мезозойских и кайнозойских отложений. На схеме кровли солей выделяется слегка изогнутый вал общего субширотного простирания, который соответствует общим особенностям строения Припятского прогиба. Этот вал как цельная структура или как группа локальных вытянутых в общем субширотном направлении мест с уменьшенной над поднятиями мощностью, отчетливо отражается в каменноугольных (рис. 3, б), верхнепермских, верхнеюрских и верхнемеловых отложениях, и менее явно в триасовых и кайнозойских. В отложениях же средней юры и нижнего мела, основным структурным лейтмотивом являются субмеридиональные и диагональные формы поверхности растущего поднятия, наложенные на прослеживающийся лишь в самых общих чертах субширотно вытянутый свод (рис. 3, в).

По всей видимости, в это время рост поднятия происходил одновременно по двум причинам, которые можно считать относящимися к геодинамическим системам. Первая — это всплывания соляного диапира в форме, обусловленной еще в девоне структурами фундамента, и вторая — изменение формы самой верхней части диапира под влиянием внешних напряжений, проявляющихся в это время в земной коре. Интересно отметить, что в соседних с Припятским прогибом районах именно в средней юре произошла тектоническая перестройка, и общий тектонический план среднеюрско-антропогенового структурного комплекса отражает новообразованный элемент, который резко ортогонально наложен на подстилающие структуры [Айзберг и др., 1985]. Суперпозиция геосистем в данном случае реализуется не в результирующем виде сложения векторов, а в сепаратном наложении форм, возникших под воздействием каждой геосистемы в отдельности.

Заключение. Представленный материал показывает, что соляные поднятия, чутко реагирующие на тектонические напряжения и созданные ими развивающиеся структуры, являются не только индикаторами действия отдельных геодинамических систем земной коры, но и наложения (суперпозиции) этих систем. В разобранных примерах механизмами такой суперпозиции являлись образования форм, связанных как с результирующим сложением векторов деформации, так и с наложением (интерференцией) деформационных форм, связанных с каждой геодинамической системой в отдельности.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках Государственных заданий ГИН РАН (Д.С. Зыков, А.В. Полещук, С.Ю. Колодяжный) и ИФЗ РАН (А.О. Агибалов, Е.А. Мануилова).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзберг Р.Е., Гарецкий Р.Г., Климович И.В. Тектоника Оршанской впадины. Минск: Наука и техника, 1985. 112 с.
2. Беленицкая Г.А. Соляная тектоника на окраинах молодых океанов // Геотектоника. 2016. № 3. С. 26–41.
3. Жарков М.А. Палеозойские соленосные формации мира. М.: Недра, 1974. 392 с.
4. Зыков Д.С., Полещук А.В. О некоторых результатах взаимодействия геодинамических систем на Восточно-Европейской платформе в новейшее время // Бюлл. МОИП. Отд. Геол. 2016. Т. 91, вып. 1. С. 3–14.
5. Зыков Д.С., Полещук А.В., Котова Е.А. и др. Закономерности строения Мозырского соляного криптодиапира (Гомельская область, Республика Беларусь) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2022. № 5. С. 28–34.
6. Зыков Д.С., Полещук А.В., Котова Е.А. и др. Характер трещиноватости в Мозырском соляном поднятии (Гомельская область, Республика Беларусь) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2023. № 2. С. 26–32.
7. Конищев В.С. Соляная тектоника Припятского прогиба. Минск: Наука и техника, 1975. 150 с.
8. Конищев В.С. Сравнительная тектоника областей галокинеза древних платформ. Минск: Наука и техника, 1984. 190 с.
9. Косыгин Ю.А. Типы соляных структур платформенных и геосинклинальных областей. М.: АН СССР, 1960. 91 с.
10. Макаров В.И., Макарова Н.В., Несмеянов С.А. и др. Новейшая тектоника и геодинамика: область сочленения Восточно-Европейской платформы и Скифской плиты. М.: Наука, 2006. 206 с.
11. Милановский Е.Е. Геология СССР. Ч. 1. М.: МГУ, 1987. 416 с.
12. Никонов А.А. Сейсмичность Восточно-Европейской платформы (ВЕР) как отражение геодинамического воздействия на платформу окружающих подвижных поясов // Труды Всеросс. научной конфер. «Актуальные проблемы динамической геологии при исследовании платформенных областей». М.: Перо, 2016. С. 107–111.
13. Петрищев В.П. Солянокупольные морфоструктуры Южного Приуралья // Геоморфология и палеогеография. 2010. № 1. С. 86–94.
14. Светлакова А.Н. Новые сейсмические данные о соляной тектонике // Геологический сборник № 8. Уфа: Институт геологии УНЦ РАН, 2009. С. 60–69.
15. Хаин В.Е. Региональная геотектоника. Внеальпийская Европа и Западная Азия. М.: Недра, 1977. 359 с.
16. Юдахин Ф.Н., Щукин Ю.К., Макаров В.И. Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 299 с.
17. Davis D.M., Engelder T. Thin-skinned deformation over salt // Dynamical geology of salt and related structures. London: Academic Press Inc., 1987. P. 301–337.
18. Jaritz W. The origin and development of salt structures in North-west Germany // Dynamical Geology of Salt and related structures. London: Academic Press Inc. London, 1987. P. 479–493.
19. Jenyon M.K. Salt tectonics. London: Elsevier applied science publishers, 1986. 189 p.
20. Scheck M., Bayer U., Lewerenz B. Salt redistribution during extension and inversion inferred from 3D backstripping // Tectonophysics. 2003. No. 373. P. 55–73.

Статья поступила в редакцию 29.10.2023,
одобрена после рецензирования 05.06.2023,
принята к публикации 05.03.2024