

УДК 551.24.03

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СТРОЕНИЯ МОЗЫРСКОГО СОЛЯНОГО КРИПТОДИАПИРА (ГОМЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ, РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ)

**Дмитрий Сергеевич Зыков¹✉, Антон Владимирович Полещук²,
Елена Анатольевна Котова³, Алексей Олегович Агibalov⁴,
Екатерина Алексеевна Мануилова⁵, Алексей Александрович Хмаренко⁶**

¹ ООО «Газпром геотехнологии», ГИН РАН, Москва, Россия; d.zykov@gazpromgeotech.ru✉

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

³ ООО «Газпром геотехнологии», Москва, Россия; e.kotova@gazpromgeotech.ru

⁴ 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

⁵ Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия;
e.manuilova@ifz.ru, https://orcid.org/0000-0002-9531-8403

⁶ ОАО «Газпром трансгаз Беларусь» филиал «Молодеченское УБР», Молодечно, Республика Беларусь;
a.hmarenko@btg.by

Аннотация. По данным бурения реконструирована внутренняя структура Мозырского соляного криптодиапира, основные элементы которой — сильно сжатые складки с радиально расположенными пластами на крыльях, осложняющие купола и межкупольные понижения, флексуры. Установлена высокая степень взаимосвязи современного рельефа и погребенной на глубине несколько сотен метров кровли криптодиапира, что объясняется продолжающейся подвижностью солей на современном этапе. Эта особенность позволила дополнить структурно-геологические данные результатами морфоструктурного анализа рельефа и выявить определенные элементы упорядоченности в строении Мозырского купола.

Ключевые слова: Мозырский купол, структурная геология, морфоструктурный анализ

Для цитирования: Зыков Д.С., Полещук А.В., Котова Е.А., Агibalов А.О., Мануилова Е.А., Хмаренко А.А. Закономерности строения Мозырского соляного криптодиапира (Гомельская область, Республика Беларусь) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2022. № 5. С. 28–34.

REGULARITIES OF THE STRUCTURE OF THE MOZYR SALT CRYPTODIAPIR (GOMEL REGION OF REPUBLIC BELARUS)

**Dmitry S. Zykov¹✉, Anton V. Poleshchuk², Elena A. Kotova³, Alexey O. Agibalov⁴,
Ekaterina A. Manuilova⁵, Alexey A. Khmarenko⁶**

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 ООО “Gazprom Geotechnologies”, Moscow, Russia; e.kotova@gazpromgeotech.ru

⁴ Lomonosov Moscow State University; Schmidt Earth Physics Institute RAS, Moscow, Russia; agibalo@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-6742-3524

⁵ Schmidt Earth Physics Institute RAS, Moscow, Russia; e.manuilova@ifz.ru, https://orcid.org/0000-0002-9531-8403

⁶ OJSC “Dazprom transgaz Belarus” brunch “Molodechno UBR” Molodechno, Republic of Belarus; a.hmarenko@btg.by

Abstract. According to drilling data, the internal structure of the Mozyr salt cryptodiapir has been reconstructed, the main elements of which are strongly compressed folds with radially arranged layers on the wings, complicating domes and inter-dome depressions, flexures. A high degree of interrelation between the modern relief and the crypto-diapir roof buried at a depth of several hundred meters has been established. It is explained by the continued mobility of salts at the present stage. This feature allows us to supplement the structural and geological data with the results of morphostructural analysis of the relief and to identify certain elements of order in the structure of the Mozyr dome.

Key words: Mozyr dome, structural geology, morphostructural analysis

For citation: Zykov D.S., Poleshchuk A.V., Kotova E.A., Agibalov A.O., Manuilova E.A., Khmarenko A.A. Regularities of the structure of the Mozyr salt cryptodiapir (Gomel region of Republic Belarus). *Moscow University Geol. Bull.* 2022; 5; 28–34. (In Russ.).

Введение. Соляной диапиритм широко распространен в различных районах Земли, и характер его проявления в значительной степени изучен. В то же время в этой области остаются проблемы, освещение которых требует исследований и весьма актуально с практической точки зрения. В частности, речь идет о путях восстановления внутренней струк-

туры соляных куполов, знание строения которой необходимо для прогнозирования геологических условий при технологической разработке этих геологических объектов (например, создания подземных резервуаров для хранения газообразных или жидких углеводородов). Цель нашего исследования — реконструировать внутреннюю структуру

Мозырского соляного криптодиапира с использованием результатов морфоструктурного анализа. Обоснованием возможности использования этого метода для достижения поставленной цели служит установленная нами высокая степень согласованности морфологических особенностей современного рельефа и погребенной на глубине нескольких сотен метров кровли соляного купола.

Геологический очерк Мозырского предтриасового соляного криптодиапира. Изучаемый объект находится в Мозырском районе Гомельской области (Республика Беларусь). Мозырский купол (антиклиналь) входит в состав протяженного субширотного Сколодинского вала, расположенного над Шестовичско-Сколодинской тектонической ступенью фундамента, которая находится в центральной части Припятского прогиба, сформировавшегося в герцинское время [Конищев, 1984]. Для производственных целей Мозырский купол длительное время изучали с помощью бурения и геофизических методов. Результаты отражены в производственных отчетах белорусских и московских организаций (БелГРЭ, ВНИИПромгаз и др.) и позволяют понять его общее строение. По кровле соленосных отложений, имеющих девонский возраст, купол представляет собой брахиантектическое поднятие с размерами 6,5×3,5 км (по изогипсе –1200 м) со сводом широтного простириания и крутым северным склоном, который осложнен взбросом, смещающим девонские и пермские отложения. Амплитуда смещения составляет ~200 м. По данным геофизических исследований мощность соленосной толщи достигает 2,5 км и более. Вершина купола срезана процессами подземного выщелачивания и перекрыта кепроком. Рельеф денудированной поверхности неровный, бугристый.

Комплекс девонских, каменноугольных, пермских и отчасти триасовых пород деформирован и редуцирован процессами соляной тектоники, однако начиная с мозырской свиты триаса, перекрывающие купол мезозойско-кайнозойские породы чехла залегают практически горизонтально. Их мощность составляет несколько сотен метров.

Четвертичные отложения представлены преимущественно моренными и отчасти водно-ледниковыми отложениями. Рельеф дневной поверхности в районе Мозырского купола сравнительно ровный, слабовсхолмленный и расчлененный эрозией, однако исследуемый участок расположен непосредственно у юго-западного склона возвышенной Мозырской конечно-мореной гряды [Емелин и др., 1983], поэтому степень расчленения и абсолютные отметки рельефа возрастают в северо-восточном направлении.

Верхняя соленосная толща Мозырского купола представлена каменной солью с прослойками и пачками ангидрита, соленосных глин, мергелей, доломитов и известняков. Ядро купола сложено подтолщей, в которой каменная соль составляет 80–85%.

Падение прослоев преимущественно крутое, достигает 60–90°, реже пологое, 10–30° к горизонту. Угол падения может значительно меняться вдоль скважин, направление падения по керну не установлено, что сильно усложняет выявление структуры купола. Прослои небольшой мощности — от нескольких миллиметров до нескольких дециметров, иногда нескольких метров, часто сильно тектонизированы — смяты в дисгармоничные складки и будинированы. Нередко более мощные прослои сильнотрециноваты, содержат зеркала скольжения и, возможно, дислоцированы так же, как и более тонкие. В солях выделяются области и прослои с разными текстурными и прочностными особенностями — соли консолидированные и рыхлые, с массивной или флюидальной (т. е. тектоногенной) текстурой и т. п. Разрезы, наблюдавшиеся в разных, даже близко расположенных скважинах, чаще всего сильно разнятся как по соотношению мощности и количеству прослоев нерастворимых пород и их углам падения, так и по свойствам самих солей.

Строение соленосной толщи геологи воспринимают (что отражено во множестве производственных отчетов) как нерегулярное нагромождение перемещенных фрагментов деформированных пропластков нерастворимых пород, хаотически «плавающих» в разнородном соляном субстрате с отчетливыми следами течения.

Сложное строение разреза и нелинейность процессов течения в большинстве случаев приводят геологов-производственников к выводам о полной невозможности установить какие-либо закономерности в строении соляного купола. Считают, что соляная толща настолько дислоцирована, что восстановить внутреннюю структуру ее практически невозможно. Нельзя увязать отдельные пласти терригенных пород по скважинам, предсказать их поведение даже в соседних скважинах и т. п. В целом в настоящее время преобладает осторожное мнение о невозможности выявить какие-либо закономерности в строении купола. На наш взгляд, это утверждение не совсем справедливо. Детальная проработка материалов предшественников показывает, что редкие закономерности в строении купола, позволяющие с допущениями создать его модель и перейти к предварительному установлению его строения, наблюдались и фиксировались, однако требуют обобщения.

Материалы и методы исследования. Для реконструкции внутреннего строения Мозырского купола использованы данные бурения: в изучаемом районе пробурено более 20 скважин, по разрезам которых построена поверхность кровли криптодиапира. Нами принято допущение о том, что скважины, в которых наблюдается схожий разрез соленосной толщи, можно соединить и считать, что ими вскрыт единый пласт. По мнению ряда исследователей, этот подход возможен для выявления структурных особенностей соляных куполов. Для Мозырского

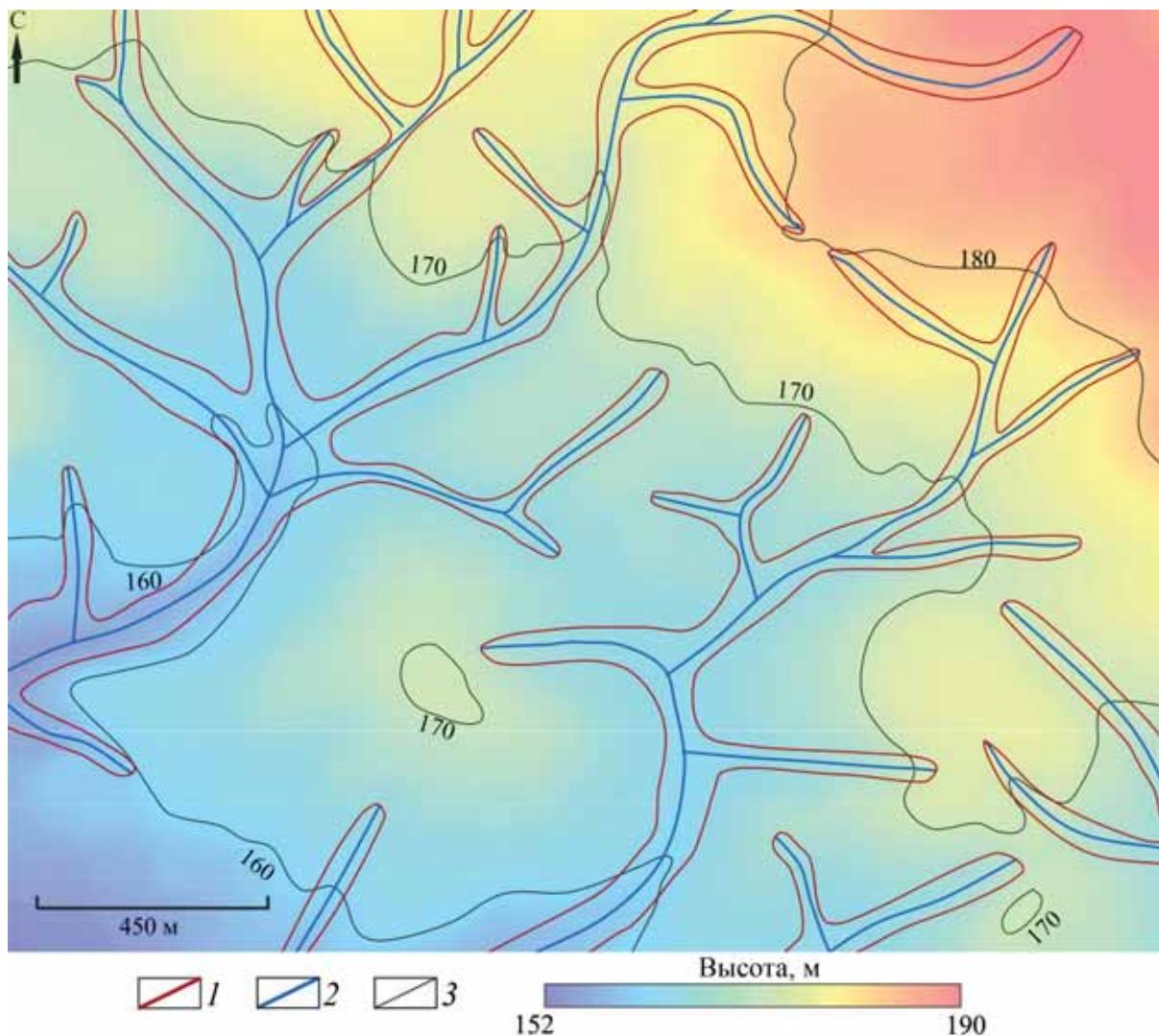


Рис. 1. Рельеф дневной поверхности в районе Мозырского соляного купола: 1 — овраги, 2 — тальвеги оврагов, 3 — горизонтали рельефа

куполя геологи-производственники объединяют разрезы скважин 6Э и 4АЭ, а в работе [Конищев, 2006] упомянутый методический прием применен для обоснования сдваивание разреза у взброса в северной части рассматриваемого участка. Кроме того, нами учтены данные наклонометрии пластов, инклинометрии скважин, а также результаты изучения форм подземных резервуаров, опубликованные в производственных отчетах.

Известно, что морфоструктурный анализ рельефа — один из традиционных методов изучения соляных диапиров, достигающих поверхности Земли [Свидзинский, 1992]. С целью оценки возможности его использования для понимания структуры Мозырского криптодиапира, залегающего на глубине несколько сотен метров, проведено сопоставление рельефа кровли соленосной толщи и поверхности современного рельефа. Установленная высокая степень взаимосвязи между ними позволила сделать предположения о характере структурного рисунка внутри купола на основе полученных нами морфоструктурных данных.

Результаты исследований и их обсуждение.

Как показывают результаты бурения, кровля Мозырского соляного купола имеет бугристую форму, которая могла образоваться в результате выщелачивания солей. Использовать ее с целью выявления структурных особенностей можно, подтвердив наличие тектоно-динамической составляющей в образовании локальных особенностей рельефа поверхности купола. Для этого мы сравнили рельеф кровли солей и дневной поверхности. При этом наилучшим оказалось выделение овражно-эрэзионной сети, существующей на поверхности (рис. 1), и наложение ее на схему рельефа кровли солей (рис. 2).

Установлена значительная сходимость элементов обоих рельефов при некотором их смещении в плане. Элементы рельефа не затушевывает даже общее повышение рельефа в северо-восточном направлении к Мозырской конечно-моренной гряде, которая резко доминирует по высоте. Возвышенности на поверхности приблизительно соответствуют положительным формам на кровле солей, а овраги на поверхности довольно точно соответствуют

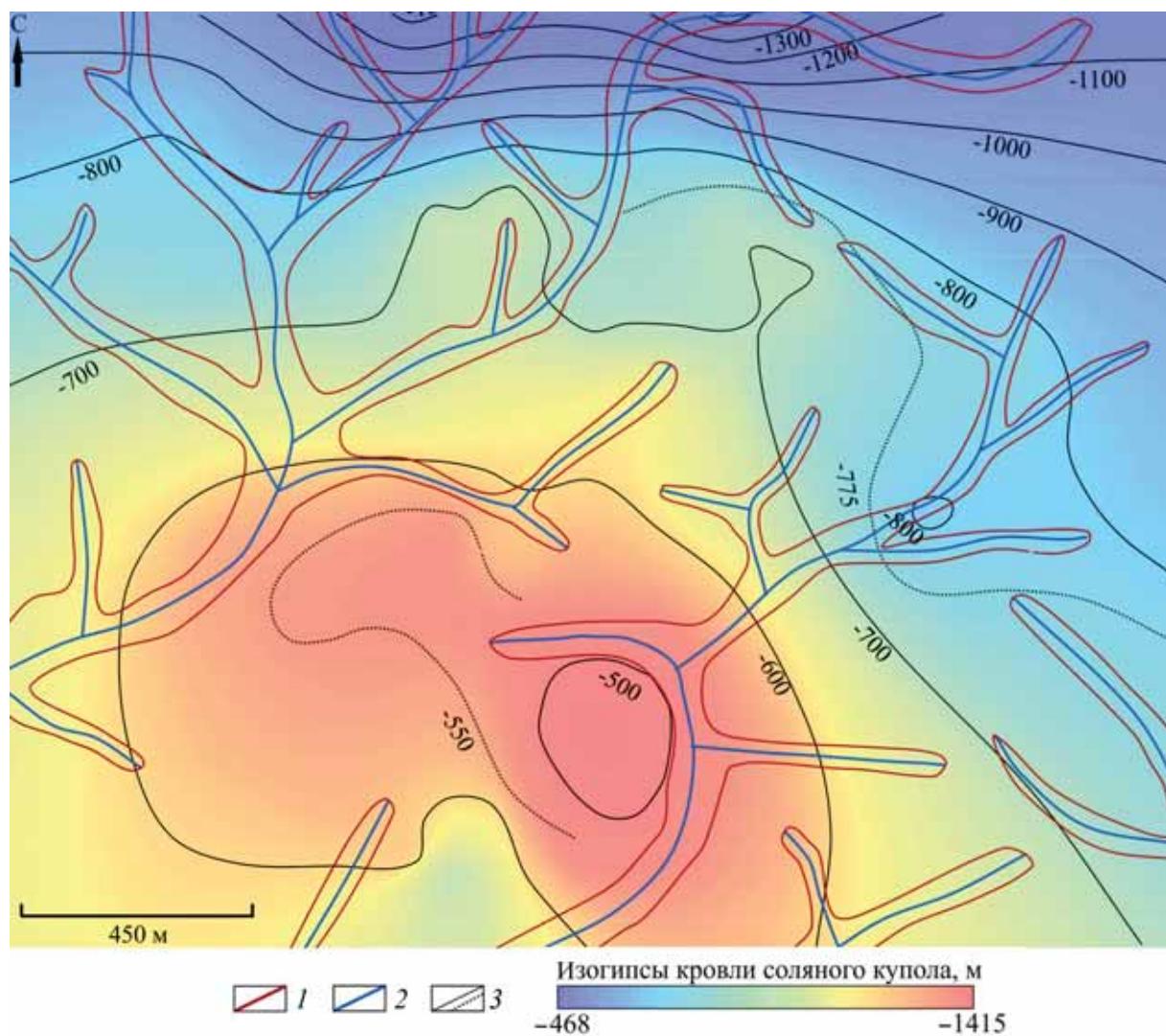


Рис. 2. Рельеф кровли Мозырского соляного купола: 1 — контуры оврагов, выделенных по рельефу дневной поверхности; 2 — тальверги оврагов; 3 — изогипсы кровли купола

углублениям на этой кровле, хотя и направлены в противоположном направлении, т. е. от гряды. Результат кажется невероятным, если учесть, что кровля купола отделена от поверхности земли сотнями метров субгоризонтально залегающих осадочных пород мезозойско-кайнозойского чехла, однако это можно объяснить. Известно, что гидросеть в условиях выровненного рельефа — чуткий индикатор любых самых малых деформаций поверхности и уверенно мигрирует в сторону от растущих поднятий. Поэтому даже незначительное влияние растущего купола на первичное распределение гидросети в условиях равнинного рельефа вполне возможно. Амплитуда тектонических поднятий и прогибаний при этом может быть минимальной, не фиксирующейся по материалам бурения в разрезе подстилающих пород. Однако в условиях общего поднятия территории над уровнем моря [Матвеев и др., 1980] происходит неизбежное врезание гидросети в выбранных ею местах, при этом положительные и отрицательные элементы рельефа утрируются и становятся гораздо рельефнее и амплитуднее, чем если бы они были обусловлены только локальными тектоническими деформациями.

Таким образом, неровности погребенного рельефа купола — бугры и понижения — представляют собой морфоструктурные элементы, имеют тектоно-динамическое происхождение и отражают направленность развития отдельных его участков, следовательно, относятся к структуре, развивающейся параллельно поднятию и подчеркиваемой нерастворимыми прослоями в солях.

Обращение к описаниям структурных особенностей соляных поднятий на разных стадиях их развития и результаты тектонофизического моделирования [Паталаха, 1973; Dynamical..., 1987] позволяют структурно интерпретировать выявленный объемный морфоструктурный рисунок поверхности купола. В самом общем виде на ранних стадиях развития соляного поднятия, когда соли, обычно спровоцированные тектоническими особенностями ложа, под весом вышележащих пород начинают отжиматься в область наименьшего вертикального давления, структура представляется пологой складкой, слои в которой параллельны крыльям и лишь местами нарушены складчатостью нагнетания. Горизонтальный срез (например, денудационный)

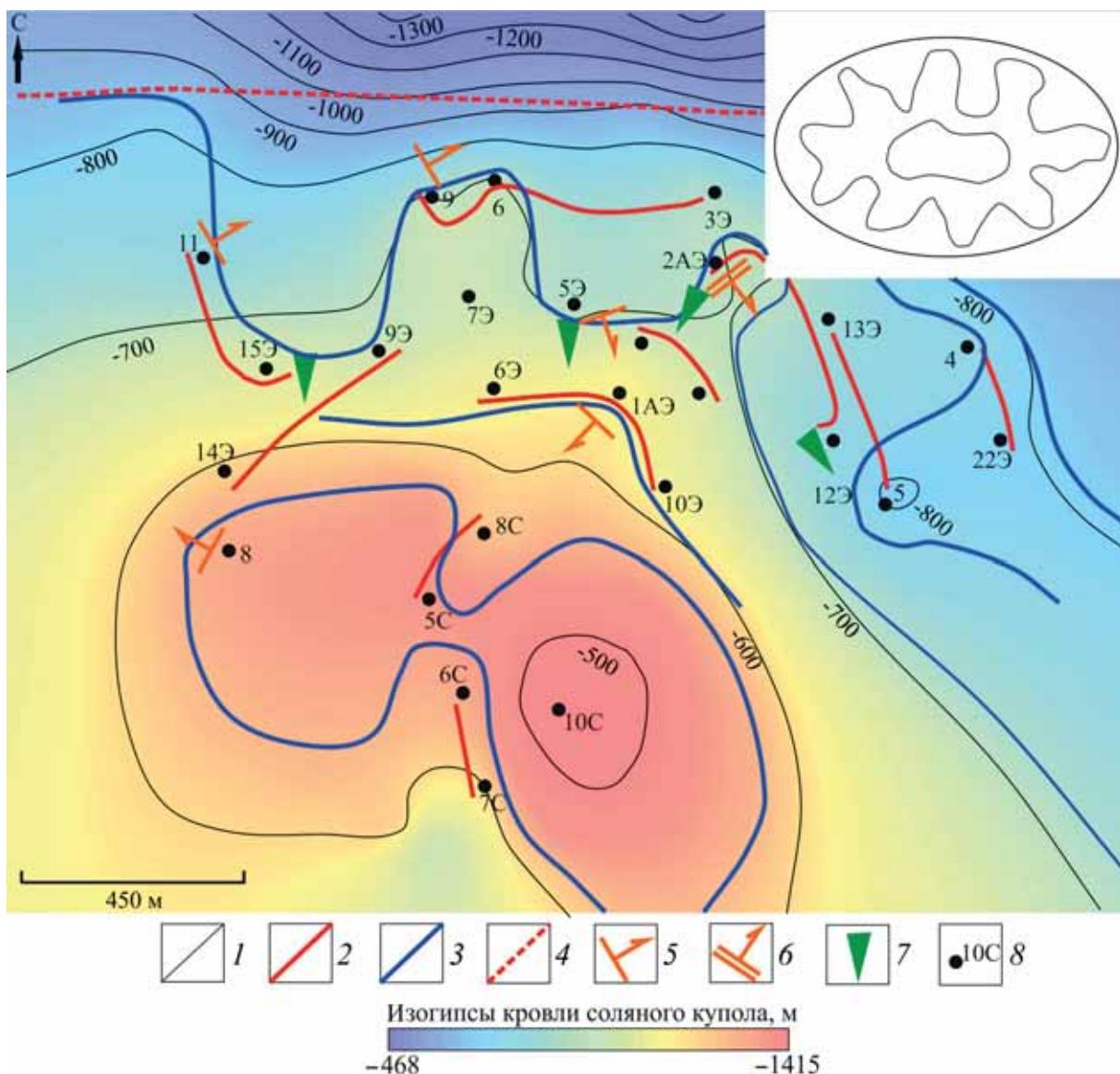


Рис. 3. Морфоструктурная схема Мозырского купола: 1 — изогипсы кровли купола; 2 — участки единичных пластов, выявленные по схожим разрезам в скважинах; 3 — вероятный структурный рисунок в куполе, реконструированный по рельефу; 4 — ориентировочное положение взброса на севере купола; 5—7 — падение пластов по данным: 5 — инклинометрии, 6 — инклинометрии и наклонометрии, 7 — формам размытых полостей; 8 — скважины и их номера. На врезке вверху — закономерный рисунок сильно сжатых складок с радиально расположенными пластами на крыльях, наблюдаемый в денудационных срезах соляных куполов (по материалам дистанционных данных для солянокупольных районов)

показывает концентрическую, слабодеформированную структуру пластов. Результаты проведенной в 2015 г. сотрудниками БелНИПИнефть переработки двух сейсмических профилей прошлых лет через седловину Мозырского купола подтвердили наличие в крыльях купола элементов такой наклонной структуры, подчеркивающей его форму.

При дальнейшем росте купола и прорывании им вышележащих пород внутренняя структура усложнилась за счет активизации процессов нагнетания, течения и обжимания соляного тела со стороны рамы, структура при этом в плане могла оставаться сравнительно ровной, изометричной или эллипсоидной (рис. 3, врезка). При этом в соляных куполах, в основном в их верхних частях, образуются сложные складчатые структуры, в которых наблюдаются

сильно сжатые как в разрезе, так и в плане изоклиновые складки. В условиях течения вся структура пластов носит неровный, осложненный флексурами, дополнительными складками и будинажем характер. Такая картина подтверждается на Мозырском куполе материалами бурения, которые показывают преобладание крутого залегания пластов, а также большие отличия в разрезах пород в близко расположенных скважинах, возникающую за счет того, что в крыльях складчатой структуры оказываются сближенны отдаленные участки соляной толщи.

В горизонтальном денудационном срезе в верхних частях таких соляных поднятий наблюдается весьма закономерный рисунок сильно сжатых складок с радиально расположенными пластами на крыльях, внешне напоминающими цветок с ле-

пестками. За счет процессов течения пласти в этом случае также образуют неровные контуры (рис. 3, врезка).

Как проиллюстрировано в [Паталаха, 1973], на поверхности неразрушенного купола эти складчатые структуры будут образовывать самостоятельные осложняющие купола и межкупольные понижения, расположенные также радиально по отношению к основному соляному поднятию. В случае срезания вершинной части поднятия при продолжающемся его развитии осложняющие купола будут продолжать свой селективный рост.

Применение изложенных и имеющих широкое распространение закономерностей к рельефу срезанной вершинной части Мозырского купола, поднимающегося в новейшее время в целом [Конищев, 1984; Матвеев, 1980], позволяет уверенно предположить, что рисунок бугров и понижений на его денудированной поверхности можно соотнести с селективно растущими фрагментами купола и, соответственно, с изгибами развивающейся складчатой структуры, которая подчеркнута менее подверженными разрушению крутопадающими пластами нерастворимых пород. Предложенная нами реконструкция морфоструктуры Мозырского купола показана на рис. 3. Приведенная схема не отражает число и мощность пропластков нерастворимых пород, а только дает их вероятную ориентировку в плане в соответствии с формами рельефа, которые были определены как тектоногенные, и показывает упрощенную модель строения.

Отметим, что наличие под северным склоном Мозырского купола взброса, падающего под нависающий купол, также позволяет довольно уверенно предположить в этом месте перевернутое залегание сорванных разрывом пластов и их падение в направлении приблизительно под склон. Такая структурная картина часто наблюдается в зонах динамического влияния взбросов [Ярошевский, 1981].

Получившийся морфоструктурный рисунок может быть в отдельных местах уточнен независимыми методами, прежде всего выявлением участков единых пластов по схожим разрезам скважин. Для большей наглядности мы сочли возможным немного изогнуть линии, соединяющие единые пласти в скважинах в соответствии с изогипсами рельефа кровли купола. Результаты показывают, что выявленные пласти в целом подчеркивают как общую эллипсовидную форму купола, располагаясь вдоль изогипс рельефа, так и границы отдельных выступов (бугров), и при этом секут изогипсы.

Для уточнения характера структуры использованы и другие наблюдения. Например, в производственном отчете ВНИИПромгаз за 1982 г. опубликованы результаты наклонометрии пластов, проведенные в скважине 2АЭ. Было установлено, что на протяжении 42 м падение пластов имело практически везде юго-восточное направление, измеренные углы падения соответствовали углам падения

в керне. Такая картина подтверждает возможность существования закономерно повторяющейся структуры в отдельных значительных объемах соленосной толщи в Мозырском куполе.

При буровых работах на куполе проводились инклинометрические наблюдения за отклонениями стволов скважин от вертикали. Результаты опубликованы в многочисленных производственных отчетах. Учитывая, что при встрече бурового инструмента с крутопадающим, более компетентным прослоем, чем вмещающие толщи, можно предполагать его отклонение от вертикали в направлении падения пласта [Пальянов, Штейнберг, 1964]. Результаты инклинометрии с долей некоторой вероятности также можно использовать для определения положения пласта в пространстве. К сожалению, не всегда приводимые в текстах и таблицах отчетов данные представлены достаточно полно для уверенного использования метода. В частности, они не позволяют определить, когда началось отклонение, — в толще солей или над ними, не связано ли оно с технологическими причинами, какие точно углы падения имели пропластки и т. п. Мы воспользовались табличными данными из производственных отчетов ВНИИПромгаза и Белорусской геологоразведочной экспедиции за 1980–1990 гг., материалы в которых представлены наиболее полно, и нанесли результаты инклинометрии на морфоструктурную схему (рис. 3). Отметим также, что результаты инклинометрии в скважине 2АЭ совпадают с результатами наклонометрии, полученными на локальном участке. При пологом падении пластов ($10\text{--}15^\circ$) такие соотношения, скорее, вызывают вопросы, однако отметим этот факт.

Свидетельствовать о структурных особенностях соленосной толщи могут и формы подземных резервуаров, которые всегда ориентированы в пространстве при исследованиях ультразвуковым локатором. Как неоднократно отмечено в производственных отчетах, их асимметрия и наклон стенок при аномальных отклонениях от идеализированной формы, получающейся при размыте однородной толщи солей, можно с определенной уверенностью интерпретировать, что они возникли в результате препарирования прочностных неоднородностей, особенно когда есть сведения о структуре благодаря наличию кернового материала. Однако методически этот вопрос еще недостаточно разработан, и результаты анализа в значительной степени субъективны.

Проиллюстрируем такую реконструкцию на примере подземного резервуара в солях в скважине 5Э (рис. 4, а), для которого известно краткое падение слоистости, но неизвестно ее простиранье. Форма выработки в определенном вертикальном сечении показывает, что ее нижняя часть асимметрична, и в полости на одной из сторон наблюдается наклонная стенка, которая при этом плоская, что отражено в горизонтальном сечении (рис. 4, б). Учитывая вероятность существования наклонных прослоев в разрезе, можно интерпретировать эту стенку как

созданную при встрече растворителя с наклонным нерастворимым (или малорастворимым) прослойем, и, таким образом, ориентировать простирание и падение слоистости. С подобной же точки зрения мы предположительно установили характер структуры соляных толщ в скважине 15Э. В производственных отчетах также приводится выработка-емкость скважины 12Э, форма которой сильно редуцирована проходящим рядом с ней крутопадающим мощным карбонатном прослойем.

Данные о направлении падения пластов, установленные по наклонометрии, инклинометрии, формам полостей, нанесены на морфоструктурную схему поверхности купола (рис. 3). Отметим, что выявленные направления падения пластов по большей части не противоречат установленным ранее особенностям структурного рисунка, но существенно уточняют его.

Заключение. Подводя итоги, отметим следующее. Результаты многолетнего бурения показывают, что в вершинной части Мозырского купола среди толщи тектонизированных течением солей наблюдаются многочисленные, преимущественно крутопадающие и дислоцированные прослои нерастворимых терригенно-карбонатных пород. В их пространственном расположении большинство геологов не находят отчетливых закономерностей. Сравнение погребенной поверхности купола с рельефом дневной поверхности показывает, что не только он отражается в рельефе (как было известно ранее), но и отдельные формы его поверхности находят свое прямое отражение в рельефе. Этот феномен объясним продолжающейся подвижностью как самого купола, так и его отдельных частей.

Привлечение известных моделей роста соляных куполов и развития их структуры позволило провести морфоструктурный анализ — по рельефу поверхности купола в общих чертах восстановить его внутреннюю структуру. Наложение на структурную схему фрагментов единых пластов, выявленных в схожих разрезах скважин, а также данных о направлении падения пластов, полученных по материалам наклонометрии, инклинометрии и формам размытых полостей, показало, что они отчасти подтверждают, но и сильно усложняют выявленный

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Емелин А.В., Швецов А.А. Граница и особенности строения Мозырской гряды // Морфогенез на территории Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1983. С. 48–52.

Коницев В.С. Сравнительная тектоника областей галокинеза древних платформ / Под ред. Р.Г. Гарецкого. Минск.: Наука и техника, 1984. 190 с.

Коницев В.С. Внутричехольные бескорневые разрывные нарушения Припятского прогиба // Литосфера. 2006. № 1. С. 56–62.

Матвеев А.В., Абраменко Н.Н., Девков Э.А. и др. Неотектоника территории Припятского прогиба. Минск.: Наука и техника, 1980. 106 с.

Паталаха Е.И. О некоторых закономерностях и причинах внутренней структуры диапироидных куполов //

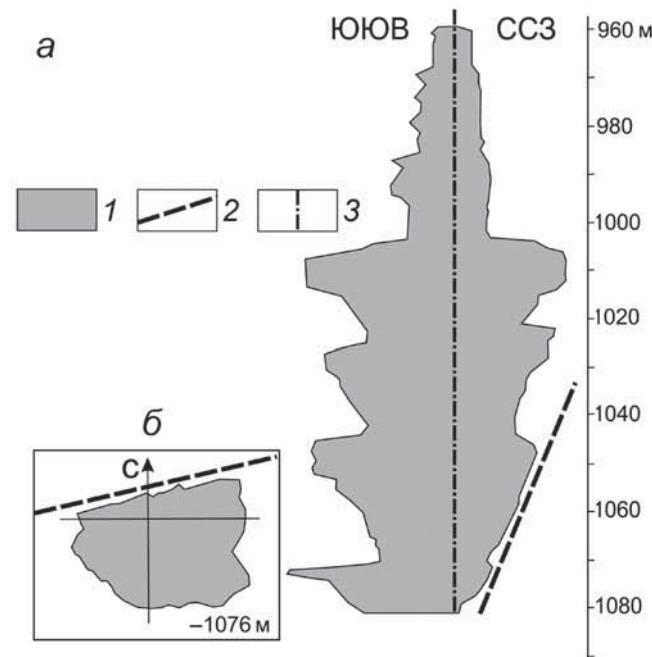


Рис. 4. Выделение направления падения пластовых неоднородностей по форме размытой полости в разрезе скважины 5Э:
а — форма емкости сбоку в сечении северо-северо-запад-юго-восток; б — горизонтальный срез емкости в ее нижней части (отметка -1076 м): 1 — полость технологической емкости;
2 — пропласток нерастворимых пород; 3 — скважина 5Э

морфоструктурный рисунок. Полученные результаты могут быть использованы при установлении геологической структуры купола, что необходимо при заложении подземных резервуаров, служащих для хранения газообразных или жидких углеводородов.

Отметим, что в результате исследований в хаотичном строении Мозырского купола нами выявлены элементы упорядоченности, связанные с его развитием как соляного диапира. Безусловно, речь идет только об общих особенностях деформации, пока не представляется возможным эту структуру восстановить детально, поскольку процессы деструкции пластов в процессе тектонического течения солей сильно нарушают и искажают модельную картину.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственных заданий ГИН РАН и ИФЗ РАН.

Тектоника и нефтегазоносность солянокупольных областей СССР. Алма-Ата: Наука, 1973. С. 53–61.

Пальянов П.Ф., Штейнберг А.М. Бурение скважин. М.: Недра, 1964. 350 с.

Свидзинский С.А. Внутренняя тектоника солянокупольных структур и методы ее изучения. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 1992. 92 с.

Ярошевский В. Тектоника разрывов и складок / Пер. с польского. М.: Недра, 1981. 245 с.

Dynamical geology of salt and related structures / Ed. J.J Lerche., O'Brien. N. Y.: Academic press. Inc., 1987. 827 p.

Статья поступила в редакцию 21.03.2022,
одобрена после рецензирования 08.06.2021,
принята к публикации 22.11.2022