

© 2018 г. В.П. ПЕТРИЩЕВ^{1,2,*}, С.Ю. НОРЕЙКА^{1,**}

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СОЛЯНОКУПОЛЬНЫХ МОРФОСТРУКТУР

¹Институт степи УрО РАН, Оренбург, Россия²Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

*E-mail: wadpetr@mail.ru, **E-mail: stac6151@gmail.com

Поступила в редакцию 14.12.2016

Рассмотрены региональные закономерности развития рельефа солянокупольного происхождения в зависимости от геодинамических и зонально-климатических факторов. На основе соотношения скорости роста и активности экзогенных процессов приведены три региональные модели, отражающие этапы формирования соляных морфоструктур в молодых горах Южного Ирана, на равнинах Восточного Техаса и Предуралья. Выявлено, что в пределах соленосных бассейнов платформенных и складчатых областей стадии формирования рельефа существенно различаются, в первую очередь, за счет того, что кульминационная фаза выхода соляной экструзии отмечается только для горных областей, в наибольшей степени раскрываясь в сочетании с экстрааридными условиями (Южный Иран). Для гумидного и семиаридного климата характерны полуобращенные морфоструктуры, отдельные этапы солянокупольного морфогенеза подавляются активностью экзогенных процессов. Особое внимание уделено изучению кепрока при определении этапов формирования соляных форм рельефа и оценке воздействия фактора широтной зональности на их развитие: наличие каменной шляпы, ее мощность и степень эродированности имеет большое значение для анализа продолжительности воздействия экзогенных процессов на соляное ядро. Установлено, что в условиях длительного размыва и меняющегося увлажнения формировались мощные кепроки куполов-гигантов Прикаспийской низменности; карстовые мульды характерны для кровли соляных структур Предуралья и Восточного Техаса; наиболее разрушенными являются каменные шляпы диапиров гумидных областей.

Ключевые слова: соляная тектоника, соляной купол, диапир, геодинамика, широтная зональность, кепрок, шток.

DOI: 10.7868/S0435428118010066

FORMATION OF SALT-DOME MORPHOSTRUCTURES IN DIFFERENT REGIONAL SETTINGS

V.P. PETRISHCHEV^{1,2,*} AND S.Yu. NOREIKA^{1,**}¹Institute of Steppe, the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia²Orenburg State University, Orenburg, Russia

*E-mail: wadpetr@mail.ru, **E-mail: stac6151@gmail.com

Summary

Formation of salt-domes and related landscapes is influenced by geodynamic and climatic factors. Three regional models were suggested that present the development stages of salt-dome morphostructures in the mountains of South Iran, the plains of East Texas and the Cisuralian region. It was revealed that the stages of relief formation in salt-dome basins are significantly different in platforms and orogenic belts, primarily due to the fact that the culmination phase of salt extrusion is observed only in mountain areas and is the most evident in the combination with extra-arid conditions (South Iran). Semi-converted morphostructures are characteristic of the regions with humid and semiarid climate, where individual stages of salt-dome morphogenesis are suppressed by the activity of Earth surface processes. To recognize the stages of salt-dome development and to assess the climatic effects on their formation, caprocks ("rock hats") are of primary importance. Caprock thickness and degree of degradation indicate the total duration of surface erosion of the salt core. It was found that thick caprocks of giant domes in the Caspian lowland were formed under conditions of prolonged erosion and changing humidity. Karstic troughs are characteristic for the roofs of salt structures in the Cis-Urals and East Texas. Rock hats of salt diapirs in humid regions are most severely destroyed.

Keywords: Salt tectonics, salt dome, diapir, geodynamics, latitudinal zonality, caprock, stock.

Введение

Соляная тектоника (галокинез) представляет собой процесс глубинной деформации и последующего перемещения к поверхности мощных соленосных толщ, в результате вертикального и горизонтального давления на которые образуются различные по форме залегания и размеру структуры. Это могут быть небольшие вздутия земной коры, так называемые соляные подушки (поднятия без протыкания надсолевых толщ), а также диапиры (купола, выходящие на дневную поверхность) и их группы, венчающие соляные антиклинальные складки. В настоящее время в мире насчитывается более 90 солянокупольных бассейнов и около 5000 структур ранга диапиров и антиклиналей, среди которых несколько сотен являются активно растущими (рис. 1) [1]. Наиболее крупные структуры (и формируемые ими ландшафты) характерны для Прикаспийской низменности: к примеру, площадь денудационно-карстовой возвышенности Индерских гор составляет более 220 км². Соляные горы Ирана варьируют в пределах 2.9–203.5 км² (Шах-Джахан и Гавбаст соответственно). Средняя площадь группы холмов, расположенных на побережье Луизианы (The Five Islands of Louisiana – Пять островов Луизианы), составляет 10 км² (Уикс Айленд – 12.6 км², Белле Айл – 6.9 км²). Площадь восточно-техасских диапиров близка к 12 км².

В работе приведены результаты анализа геодинамических и широтно-зональных факторов проявления соляных структур в рельефе, предопределяющих специфику регионального экзо- и ландшафтогенеза, и представлены региональные модели развития солянокупольных морфоструктур.

Подходы к разработке региональных моделей солянокупольных структур

Современные представления зарубежных ученых об эволюции соляных диапиров [2–4 и др.] основаны на их поэтапном развитии в зависимости от соотношения скорости роста (R) и активности экзогенных процессов (A), что может быть выражено в виде кривой (рис. 2–4) (с использованием данных [5]). На первом этапе соотношение скорости роста поднятия с темпами денудационно-карстовых и аккумулятивных процессов

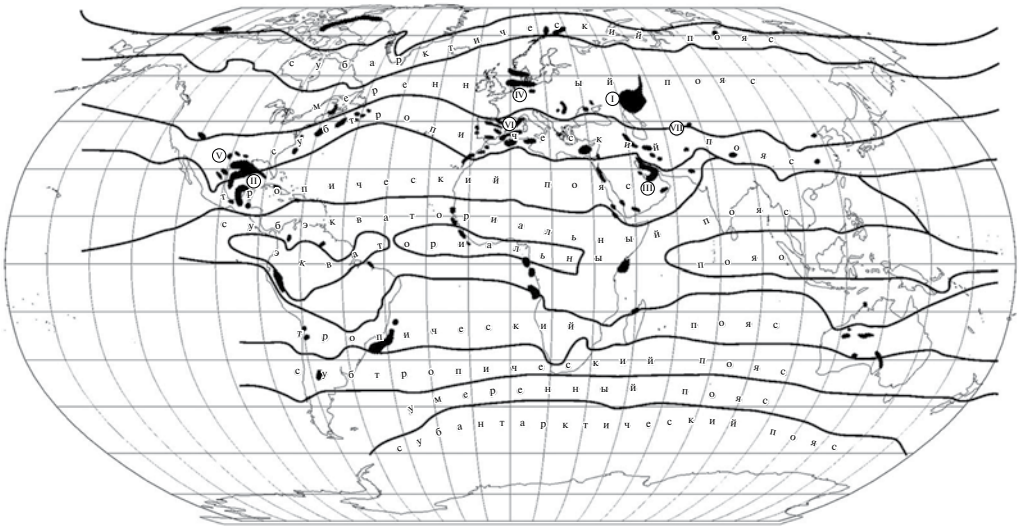


Рис. 1. Размещение некоторых солянокупольных бассейнов в соответствии с зонально-климатическими условиями

Основные бассейны: I – Прикаспийско-Предуральский, II – Примексиканский (Галф Кост), III – Южно-Иранский (Загрос), IV – Северо-Германский, V – Восточно-Техасский, VI – Каталонский, VII – Южно-Таджикский (Кулябский)

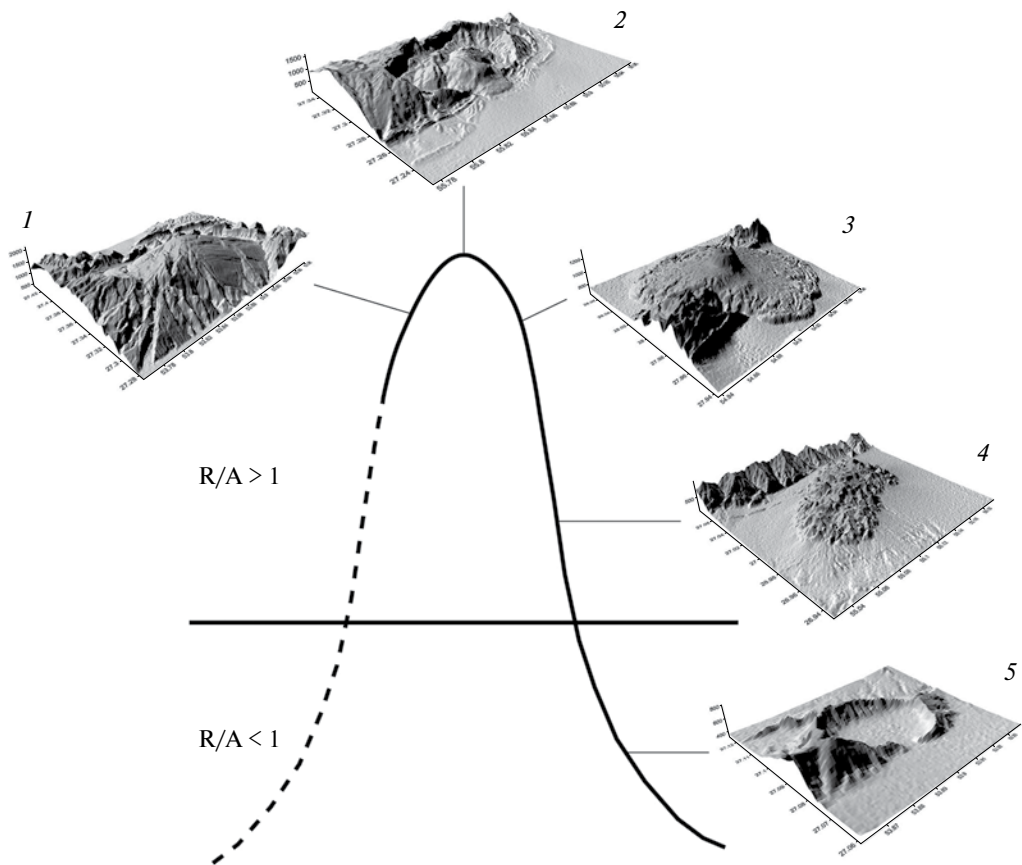


Рис. 2. Соотношение скорости роста солянокупольного поднятия и активности экзогенных процессов для различных типов структур Южного Ирана (составлено по данным радарной съемки SRTM, разрешение 90 м)

Структуры: 1 – Гавбаст, 2 – Ангуру, 3 – Восточный Мазийджан, 4 – До-Ао, 5 – Кемешк.

Здесь и далее (на рис. 3 и 4) сплошная кривая – этапы развития, характерные для той или иной структуры; прерывистая – этапы, сведения о которых отсутствуют)

характеризуется как $R/A < 1$, формируются пологозалегающие соляные подушки. На второй стадии, когда скорость роста куполов превышает скорость процесса осадконакопления ($R/A > 1$), эвапоритовая толща приобретает свойство текучести, и начинается процесс соляного диапиризма. При этом галокинез воздействует на все горизонты вертикальной структуры геосистемы, формируя специфические природные комплексы – солянокупольные ландшафты. Третий этап сопровождается замедлением роста поднятия (вновь отмечается соотношение $R/A < 1$), происходит его сужение и частичный размыв соляного ядра. В связи с относительным увеличением темпов осадконакопления воздействие соляного купола на поверхность становится все меньше, под его влиянием оказываются только надсолевые породы и горизонты подземных вод, открытые диапиры переходят в категорию закрытых (окклюзия).

Модель формирования соляного диапира М. Джексона [5] была нами дополнена [6] этапами воздействия соляной тектоники на ландшафтные комплексы и приняла следующий вид:

1 – ранний восходящий (доэкструзивный) подэтап ($R/A < 1$): формирование слабовыраженных возвышенностей, соляные купола представляют собой криптоструктуры – малоамплитудные брахиантиклинали (соляные подушки) и криптодиапиры [7];

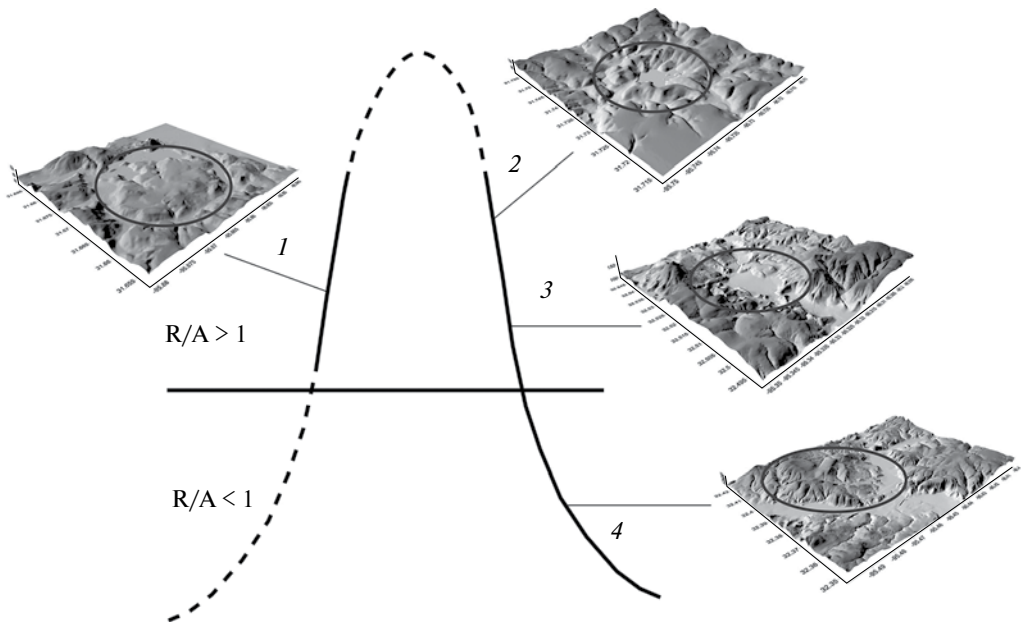


Рис. 3. Соотношение скорости роста солянокупольного поднятия и активности экзогенных процессов для различных типов структур Восточного Техаса (по [5])
 Структуры: 1 – Батлер, 2 – Палестин, 3 – Стен, 4 – Оуквуд

2 – поздний восходящий (доэкструзивный) подэтап ($R/A \leq 1$): образование четко выраженных возвышенностей и гряд, куполов и антиклиналей с неразрушенным сводом;

3 – кульминационный (экструзивный) подэтап ($R/A > 1$): выход эвапоритов на дневную поверхность, образование открытых соляных экструзий;

4 – ранний нисходящий (постэкструзивный) подэтап ($R/A \leq 1$): формирование крупных карстовых впадин, осложняющих поверхности возвышенностей, структурных гряд, штоков;

5 – поздний нисходящий (постэкструзивный) подэтап ($R/A < 1$): образование древних карстовых мульд (синклиналей), заполненных мощной толщей надсолевых (постэвапоритовых) отложений, поднятия представлены структурами с разрушенным сводом.

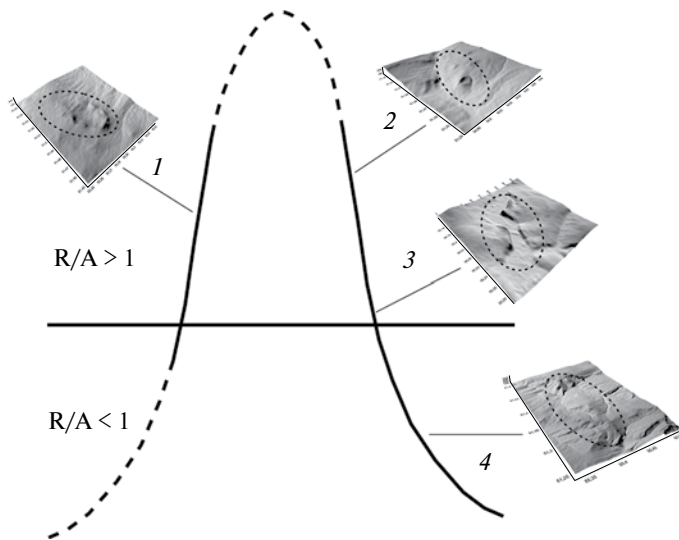


Рис. 4. Соотношение скорости роста солянокупольного поднятия и активности экзогенных процессов для различных типов структур Предуралья (по [25])
 Структуры: 1 – Красноярская, 2 – Боевогорская, 3 – Булановская (Салмышский вал), 4 – Ханская

Факторы формирования солянокупольных структур

Геодинамическая обстановка оказывает существенное влияние на последующий геоморфо- и ландшафтогенез в областях развития соляной тектоники. В условиях *складчатых поясов* тектонические деформации соленосных толщ могут быть выражены как в форме диапиров (горы Загрос (Фарс) и иранское побережье Персидского залива (провинция Хормозган)) и отдельных соляных вершин (Кулябская долина в Южном Таджикистане), так и крупных антиклиналей (Южные Пиренеи, Испания). Возраст солей в складчатых областях Закарпатья, Трансильвании, Западно-Средиземноморского бассейна достаточно молодой (неоген), вместе с тем, в Южном Иране имеются выходы солей венд-кембрийского возраста. За счет высокой активности в областях молодой складчатости соляные структуры прорываются к поверхности за сравнительно короткое время (например, соляная гора в окрестностях г. Кардона (Испания) – в течение олигоцена, примерно за 10 млн л.), и скорость выщелачивания оказывается существенно ниже скорости их роста. В результате многочисленные выходы каменной соли наблюдаются даже в условиях относительно значительного количества осадков (Кулябская долина, Таджикистан – 300–400 мм/год; г. Кардона, Испания – 700 мм/год).

В условиях *молодых платформенных впадин* соляные структуры растут за счет давления надсолевых отложений, это сказывается на их гигантских размерах, а также на формировании компенсационных понижений, занятых соляными озерами, что характерно для Прикаспийской низменности. При этом крупные карстовые поля (Северо-Индерское, Северо- и Южно-Баскунчакские) соответствуют собственно соляным ядрам, а останцовые гряды – крыльям структур (Восточно-Индерская гряда, г. Богдо) [8, 9].

Юрские соли куполов Примексиканской низменности и Восточного Техаса образуют небольшие и четко выраженные на поверхности кольцевые структуры в основном прямого и полуобращенного типа. Верхнепермские отложения в Северной Германии выходят на поверхность, также формируя небольшие возвышенности с карстовыми провалами (Саксония-Анхальт, Бернбург) или карстовыми мульдами (Люнебург).

Наряду с геодинамическими условиями важным фактором развития солянокупольных структур является *широтная зональность* (рис. 1). В условиях *аридного климата* небольшое количество осадков, преобладание денудационных процессов над эрозийными и отсутствие близко залегающих к поверхности горизонтов пресных вод способствует появлению соляных гор (экструзий), которые сопровождаются соляными “глечерами”¹, столбами или фонтанами, обрывами, сериями выходов высокоминерализованных подземных вод, разнообразными формами галогенного карста. Наиболее яркими примерами таких ландшафтов служат соляные горы и соляно-карстовые возвышенности Южного Ирана (Загрос) и южного Таджикистана (Ходжа-Мумын, Ходжа-Сартис и др.) [12, 13]. Воздействие грунтовых вод и атмосферных осадков на соляное ядро в условиях аридного климата минимально, а в областях современной складчатости скорости растворения существенно ниже скоростей роста диапиров. В результате подобные морфоструктуры Ирана и Таджикистана представляют собой лучшие образцы проявления соляного тектогенеза [14, с. 21].

Структуры, развивающиеся в условиях *гумидного климата*, не достигают, как правило, дневной поверхности непосредственно соляным ядром. Они камуфлируются плоскостным смывом, проявляются в виде холмистых, хорошо дренированных, поросших лесной растительностью возвышенностей, литогенную основу которых составляет глинисто-гипсовая оторочка соляного ядра – кепрок (гипсовая (каменная) шляпа). Наличие кепрока, его мощность и степень эродированности имеет большое значение для оценки продолжительности воздействия экзогенных процессов на соляное ядро [15]. Небольшая мощность или полное отсутствие “каменной шляпы”, ее разрушение карстовыми

¹ по К. Талботу, это поток экструдированной соли – “намакиерс” [10, 11, с. 893] в горах Загрос, Иран.

процессами с образованием мелких провалов и озер – характерная черта соляных куполов Луизианы [16] и Техаса [17]. Достаточно часто при высоком количестве осадков образуется карстовая котловина (мульда) с выходами гипсов и родниковых вод (Приуралье – Боевая гора; Галф-Кост – Джефферсон-Айленд (оз. Пеньер, США), Северо-Германский бассейн (г. Люнебург (карстовый провал Калькберг), гг. Бернбург, Зегеберг). Кепрок, сильно разрушенный сульфатным карстом и изобилующий мелкими провалами и озерами, характерен для солянокупольных возвышенностей Луизианы – Джефферсон-Айленд, Эвери-Айленд, Уикс-Айленд, Кот-Бланш-Айленд, Белле-Айл, нанизанных на общую синклинальную складку на побережье Примексиканской низменности [18–20]. Наиболее значительные по площади кепроковые поля Прикаспийской низменности отмечены для соляных куполов-гигантов – Индерского и Баскунчакского, надэвапоритовые отложения которых размыты частично морскими трансгрессиями, частично современной эрозией [21–23].

Региональные модели солянокупольных структур

Воздействие зонально-климатических условий на развитие куполообразных форм рельефа в крупных соленосных бассейнах легко проиллюстрировать на региональных примерах соотношения интенсивности тектонических и экзогенных процессов. Следует отметить, что не каждый бассейн проходит через все этапы солянокупольного геоморфогенеза. Например, для *Южно-Иранского бассейна* характерно отсутствие начальных стадий (рис. 2), т.к. практически все соляные структуры или выходят на поверхность (в северной части бассейна), или сильно разрушены (в южной). На кульминационных этапах соляного диапиризма здесь происходит снижение степени разнообразия форм рельефа и повышение его сложности (контурности, мозаичности) за счет того, что галокинез, по-видимому, является не единственным фактором рельефообразования (данный эффект, на наш взгляд, требует специального исследования).

Восточно-Техасский бассейн принадлежит к числу расположенных в краевых впадинах (согласно [20], это “внутренний бассейн Техаса”). В его пределах насчитывается 30 соляных структур, сложенных галогенно-сульфатной толщей среднеюрского возраста. Среди них выделяются диапиры, подходящие достаточно близко (20–90 м) к поверхности (Гранд Салин, Стен, Брукс, Кичи, Палестин, Батлер) [17]. Здесь не представлена кульминационная стадия выхода экструзии, т.к. соляное ядро оказалось подвержено процессам денудации еще до прорыва надсолевых толщ (рис. 3). Высокая интенсивность экзогенных процессов инициировалась, по-видимому, достаточным для этого атмосферным увлажнением, вследствие чего поверхность диапиров уплощена [17, 24].

Анализ соотношения текто- и экзогенеза в *Предуральском бассейне* показывает, что соляные структуры региона делятся на две группы: активные прямые, соответствующие восходящей стадии галокинеза [25], и обращенные и полуобращенные, характерные для нисходящей (рис. 4). Следует отметить, что растущие соляные поднятия Предуралья являются вторично активизированными в результате возрождения складчатых движений в эпоху альпийского орогенеза [26]. Наряду с крупными антиклиналями в первую группу входят поднятия, осложненные соляными штоками с приповерхностным залеганием каменной соли (Боевогорское месторождение). Синклинали оседания центральной части Предуральского краевого прогиба с достаточно глубоким залеганием соляного ядра (300–500 м) соответствуют завершающей стадии геоморфогенеза, когда собственно соляная структура оказывает опосредованное воздействие на ландшафтные комплексы. Кульминационная стадия практически нигде не отмечается, кроме Илецкого штока, где, согласно историческим данным [27], имели место естественные выходы каменной соли.

Геоморфологическая выраженность галокинеза Предуралья определяется четырьмя основными типами карстового рельефа: холмистым, мульдовым, куэстообразным и структурно-грядовым [25]. *Карстово-холмистый* типичен для прямых

солянокупольных структур и антиклинальных складок (западная и восточная окраина Предуральского прогиба), относится к позднему доэкструзивному этапу (когда эрозионные процессы еще не достигли солевого свода), встречаются отдельные обнажения гипсовых кепроков. В качестве примера выступает Красноярская структура, которая, согласно Ю.А. Косыгину, относится к числу закрытых [6]. *Карстово-мульдový* тяготеет к штокам соляных поднятий (западная граница Предуральского прогиба), характерен для ранней нисходящей постэкструзивной стадии развития с сильно размытыми (практически до самого ядра) надсолевыми породами. Наиболее яркие проявления – Илецкий (в прошлом – соляной холм Туз-Тюбе) и Боевогорский (Мертосольский) шток (кольцевая морфоструктура с выходами гипсового кепрока). *Куэстообразный тип рельефа* (полуобращенные структуры соляных поднятий Салмышского вала, отделяющего соленосный Предуральский краевой прогиб от Волго-Уральской антеклизы) также отражает особенности постэкструзивной стадии, характерной чертой которой являются выходы фрагментов гипсового кепрока с выщелачиванием соляного ядра. *Структурно-грядовый* (древнекарстовый, соответствует синклиналям оседания Предуральского краевого прогиба) тип, представленный завершающим этапом развития морфоструктур солянокупольного происхождения, характеризуется глубокозалегающим сильно размытым ядром, выраженным на поверхности широкой долиной (часто с речным руслом) и сохранившимися крыльями структуры из надсолевых пород, представленными асимметричными параллельными грядами и увалами. Синклинали оседания (дизъюнктивные мульды) – это древнекарстовые образования, перекрывающие малоактивные соляные антиклинали в пределах надсолевого этажа [25]. Несмотря на то, что большинство из них заполнены юрскими, палеогеновыми и неогеновыми отложениями, крылья синклиналей достаточно отчетливо выражены на поверхности в виде структурных гряд меридионального простираения.

Выводы

Подытоживая анализ морфоструктурного разнообразия солянокупольной природы, следует отметить:

1. Наибольшее разнообразие морфоструктурных типов отмечается для геодинамически активных регионов, что подтверждается, например, тем, что для Южно-Иранского бассейна отмечается шесть таковых типов (рис. 3) [12], соответствующих как ранним и зрелым, так и завершающим этапам развития.

2. В платформенных условиях активность галокинеза существенно ниже, соответствующие структуры менее выражены в рельефе, в том числе и за счет активности эрозионно-денудационных процессов (особенно в областях гумидного климата), в результате чего отдельные этапы солянокупольного геоморфогенеза отсутствуют (в основном это относится к ранней восходящей и кульминационной фазе).

3. Широтно-зональный фактор имеет большое значение для формирования солянокупольных морфоструктур: в аридных условиях они разнообразнее, отмечается более отчетливое проявление галокинеза в рельефе, в гумидных – влияние соляной тектоники частично подавляется экзогенными процессами, в результате чего общее разнообразие соответствующих форм снижается.

Благодарность. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 14-05-00220а и № 17-05-00514а) и в рамках темы госзадания “Степи России: ландшафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды”.

Acknowledgements. The work was financially supported by RFBR (projects No. 14-05-00220a and No. 17-05-00514a) and complete within the framework of Steppe Institute state study “Steppes of Russia: landscape-ecological foundations for sustainable development, justification of nature-friendly technologies in the context of natural and anthropogenic environmental changes”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Петрищев В.П.* Ландшафты соляных куполов. Saarbrucken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. 516 с.
2. *Hudec M.R. and Jackson M.P.A.* The Salt Mine: A digital atlas of salt tectonics. Bureau of Economic Geology Udden Book Series No. 5 and AAPG Memoir 99. 2011. 305 p.
3. *Jackson M.P.A. and Hudec M.R.* Salt Tectonics: principles and Practice. Cambridge University Press, 2016. 498 p.
4. *Talbot C. and Jackson M.P.A.* Salt tectonic // Scientific American. 1987. Vol. 257. P. 70–79.
5. *Jackson M.P.A., Roberts D., and Snelson S.* Salt tectonic: A global perspective. AAPG Memoir. Vol. 65: Based by the Hedberg International Research Conference Bath. Tulsa, 1995. 454 p.
6. *Петрищев В.П.* Солянокупольный ландшафтогенез: морфоструктурные особенности геосистем и последствия их техногенной трансформации. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 310 с.
7. *Косыгин Ю.А.* Соляная тектоника платформенных областей. М. – Л.: Гостоптехиздат, 1950. 248 с.
8. *Чичагов В.П.* Геодинамика солянокупольных структур района Баскучак – Большое Богдо // Астраханский вестник экологического образования. 2014. № 4 (30). С. 24–36.
9. *Куриленко В.В., Зеленковский П.С.* Месторождение минеральных солей оз. Баскунчак: геология, особенности современного соленакпления, механизмы природо- и недропользования // Вестник СПбГУ. Сер. 7. Геология, география. 2008. № 3. С. 17–32.
10. *Talbot Ch.J.* Fold trains in a glacier of salt in southern Iran // Journ. of Structural Geology. 1979. No. 1. p. 5–18.
11. Encyclopedia of geomorphology. Ed. by A.S. Goudie. London; New York: Routledge, 2004. Vol. 1. 1156 p.
12. *Jahani S., Callot J.-P., Frizon de Lamotte D., Letouzey J., and Leturmy P.* The salt diapirs of the Eastern Fars Province (Zagros, Iran): A Brief Outline of their Past and Present // Thrust belts and foreland basins, frontiers in Earth sciences. Ed. By O. Lacombe, J. Lavé, F. Roure, J. Vergés. Berlin, Heidelberg, 2007. P. 289–308.
13. *Bosa P., Jaros J., Spudi, J., Sulovsky P., and Vaclavek V.* Salt plugs in the eastern Zagros, Iran: results of regional geological reconnaissance // GeoLines (Praha). 1998. Vol. 7. P. 3–174.
14. *Благоволин Н.С.* Роль соляной тектоники и грязевого вулканизма в восходящем массопереносе и рельефообразовании // Геоморфология. 1985. № 2. С. 17–27.
15. *Warren J.* Evaporites: Sediments, resources and hydrocarbons. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2006. 1036 p.
16. *Autin W.J.* Landscape evolution of the Five Islands of south Louisiana: scientific policy and salt dome utilization and management // Geomorphology. 2002. Vol. 47. P. 227–244.
17. *Jackson M.P.A. and Seni S.J.* Atlas of salt domes in the East Texas basin. Austin, Texas: The Univ. of Texas, 1984. 102 p.
18. Геологические структуры. М.: Недра, 1990. 292 с.
19. *Kupfer D.H. and Morgan J.P.* Louisiana delta plain and salt domes. Geol. Soc. annual convention field trip. New Orleans, 1976. 68 p.
20. *Косыгин Ю.А.* Типы соляных структур платформенных и геосинклинальных областей // Тр. геол. ин-та АН СССР. 1960. Вып. 29. 92 с.
21. *Мещеряков Ю.А., Брицына М.П.* Геоморфологические данные о новейших тектонических движениях в Прикаспийской низменности // Геоморфологические исследования в Прикаспийской низменности. М.: Изд-во АН СССР, 1954. С. 5–46.
22. *Petrishchev V.P., Chibilev A.A., Akhmedenov K.M., and Ramazanov S.K.* The formation features of landscapes in the Inderskii Salt-Dome Area (Precaspian Hollow) // Geography and natural resources. 2011. No. 2. P. 146–151.
23. *Ахмеденов К.М., Петрищев В.П., Искалиев Д.Ж.* Карст и псевдокарст в Западном Казахстане // Тр. Карагандин. гос. тех. ун-та. 2013. № 1. С. 50–54.
24. *Seni S.J. and Jackson M.P.A.* Evolution of salt structures, East Texas diapir province // AAPG Bulletin. Part 2: Patterns and rates of halokinesis. 1983. Vol. 67. P. 1245–1274.
25. *Петрищев В.П.* Солянокупольные морфоструктуры Южного Приуралья // Геоморфология. 2010. № 1. С. 86–94.
26. *Петрищев В.П.* Солянокупольный ландшафтогенез Прикаспийско-Предуральяского региона // Вестн. Оренбургск. гос. ун-та. 2007. № 3. С. 143–149.
27. *Паллас П.С.* Путешествие по разным провинциям Российской империи. СПб.: 1809. Ч. 1. 657 с.

REFERENCES

1. Petrishchev V.P. *Landshafty soljanyh kupolov* (Landscapes of salt domes). Saarbrucken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. 516 p.
2. Hudec M.R. and Jackson M.P.A. The Salt Mine: A Digital Atlas of Salt Tectonics. *Bureau of Economic Geology Udden Book Series No. 5 and AAPG Memoir 99*. 2011. 305 p.
3. Jackson M.P.A. and Hudec M.R. *Salt Tectonics: Principles and Practice*. Cambridge University Press, 2016. 498 p.
4. Talbot C. and Jackson M. Salt tectonic. *Scientific American*. 1987. Vol. 257. P. 70–79.
5. Jackson M., Roberts D., and Snelson S. Salt tectonic: A global perspective. AAPG Memoir. Vol. 65: Based by the Hedberg International Research Conference Bath, Tulsa, 1995. 454 p.
6. Petrishchev V.P. *Soljanokupolnyj landshaftogenez: morfostrukturnye osobennosti geosistem i posledstvija ih tehnogennoj transformacii* (Salt-dome landscape genesis: morphostructural characteristics of geosystems and the consequences of technological transformations). Ekaterinburg: UrO RAN (Publ.), 2011. 310 p.
7. Kosygin Yu. A. *Solyanaya tektonika platformnyh oblastej* (Salt tectonics of platform areas). Moscow-Leningrad: Gostoptekhizdat (Publ.), 1950. 248 p.
8. *Chichagov V.P.* Geodynamics of the salt-dome structures of the Baskuchak district – Greater Bogdo. *Astr. Vestn. Ekol. Obr.* 2014. No. 4 (30). P. 24–36. (in Russ.)
9. Kurilenko V.V. and Zelenkovskij P.S. The deposit of mineral salts of the lake. Baskunchak: geology, features of modern salt accumulation, mechanisms of nature and subsoil use. *Vestn. Sankt-Peter. Univ.* Vol. 7. Geol., geogr. No. 3. 2008. P. 17–32. (in Russ.)
10. Talbot Ch. J. Fold trains in a glacier of salt in southern Iran. *Journal of Structural Geology*. 1979. No. 1. P. 5–18.
11. *Encyclopedia of geomorphology*. A.S. Goudie. Ed. London; New York: Routledge, 2004. Vol. 1. 1156 p.
12. Jahani S., Callot J.-P., Frizon de Lamotte D., Letouzey J., and Leturmy P. The salt diapirs of the Eastern Fars Province (Zagros, Iran): A Brief Outline of their Past and Present. *Thrust belts and foreland basins, frontiers in Earth sciences*. O. Lacombe, J. Lavé, F. Roure, and J. Vergés. Ed. Berlin, Heidelberg. 2007. P. 289–308.
13. Bosa P., Jaros J., Spudil J., Sulovsky P., and Vaclavek V. Salt plugs in the Eastern Zagros, Iran: results of regional geological reconnaissance. *GeoLines* (Praha). 1998. Vol. 7. P. 3–174.
14. Blagovolin N.S. The role of salt tectonics and mud volcanism and mass transfer in the uplink relief formation. *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*. 1985. No. 2. P. 17–27. (in Russ.)
15. Warren J. *Evaporites: Sediments, resources and hydrocarbons*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. 2006. 1036 p.
16. Autin W.J. Landscape evolution of the Five Islands of south Louisiana: scientific policy and salt dome utilization and management. *Geomorphology*. 2002. Vol. 47. P. 227–244.
17. Jackson M.P.A. and Seni S.J. *Atlas of salt domes in the East Texas basin*. Austin, Texas: The University of Texas, 1984. 102 p.
18. *Geologicheskie struktury* (Geological structures). M.: Nedra (Publ.), 1990. 292 p.
19. Kupfer D.H. and Morgan J.P. Louisiana delta plain and salt domes. *Geological Society Annual Convention Field Trip*. New Orleans. 1976. 68 p.
20. Kosygin Yu. A. Types of salt structures of platform and geosynclinal regions. *Tr. Geol. Inst. AN SSSR*. 1960. Vol. 29. 92 p. (in Russ.)
21. Meshcheryakov Y.A. and Britsyna M.P. Geomorphological evidence of recent tectonic movements in the Caspian depression, in *Geomorfologicheskie issledovaniya v Prikaspijskoj nizmennosti* (Geomorphological research in the Caspian depression). Moscow: Izd-vo AN SSSR (Publ.), 1954. P. 5–46.
22. Petrishchev V.P., Chibilev A.A., Akhmedenov K.M., and Ramazanov S.K. The formation features of landscapes in the Inderskii Salt-Dome Area (Precaspian Hollow). *Geog. Prir. Resour.* 2011. No. 2. P. 146–151. (in Russ.)
23. Ahmedenov K.M., Petrishhev V.P., and Iskaliev D. Zh. Karst and pseudokarst in Western Kazakhstan. *Tr. Karag. Univ.* 2013. No. 1. P. 50–54. (in Russ.)
24. Seni S.J. and Jackson M.P.A. Evolution of salt structures, East Texas diaper province. *AAPG Bulletin*. Part 2: Patterns and rates of halokinesis. 1983. Vol. 67. P. 1245–1274.
25. Petrishchev V.P. Salt-dome morphostructures in the Southern Priuralye. *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*. 2010. No. 1. P. 86–94. (in Russ.)
26. Petrishchev V.P. Salt-dome landscape genesis of the Pre-Caspian and Pre-Ural region. *Vestn. Orenb. Univ.* 2007. No. 3. P. 143–149. (in Russ.)
27. Pallas P.S. *Puteshestvie po raznym provincijam Rossijskoj imperii* (Travel to different provinces of the Russian Empire). Part 1. S.–Peterburg. 1809. 657 p.