

УДК 551.247:552.53(477.87)

Л. П. Босевская*Український науково-дослідницький інститут соляної промисловості (УкрННІСоль)***СТРУКТУРНО-ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
СОЛЯНЫХ ДИАПИРОВ ЗАКАРПАТЬЯ**

Исследование структурно-литологических особенностей соляных диапиров Закарпатского внутреннего прогиба выполнено для их целевой оценки на основе 3D моделирования. Обобщены результаты исследований баденской соленосной формации, дана пространственная геометризация положения её структурно-литологических элементов в объёме соляных массивов.

Ключевые слова: каменная соль, диапир, соляной массив, структурно-литологическая модель.

Дослідження структурно-літологічних особливостей соляних діапирів Закарпатського внутрішнього прогину здійснено для їх цільової оцінки на основі 3D моделювання. Узагальнено результати досліджень баденської соленосної формації, подано просторову геометризацию положення її структурно-літологічних елементів в об'ємі соляних масивів.

Ключові слова: кам'яна сіль, діапир, соляний масив, структурно-літологічна модель.

The investigation of structural-lithologic features of the Transcarpathia internal depression salt diapirs is executed for their comparative target evaluation. Research results of the Badenian salt-formation are summarized, spatial geometrization of its structural-lithological elements location in the salt massif volume is given.

Key words: rock salt, diapir, salt massif, structural-litological model

Актуальность проблемы и постановка задачи. В декабре 2010 г. экспертным заключением МЧС Украины была констатирована чрезвычайная экологическая ситуация государственного уровня на территории Солотвинской солянокупольной структуры, проявившаяся в развитии катастрофических деструктивных процессов в геологической среде, приведших к формированию открытых водопроводящих путей в подземные полости с сопутствующим прогрессирующим развитием глубинного техногенного карста, потере устойчивости горного массива с образованием провалов и деградацией ландшафта. Результатом развития катастрофы явилась потеря (самопроизвольное затопление) единственных в регионе действующих соледобывающих шахт и уникальных подземных отделений спелеосанаториев Украинской и областной аллергологических больниц.

Одной из главных причин создавшейся ситуации является отсутствие в период заложения подземных выработок методологии оценки свойств соляной среды и их пространственной изменчивости [1], разработанной только в последние два десятилетия независимыми исследованиями НАНУ, горного института Уральского отделения РАН, института геоэкологии РАН и зарубежными исследователями. В соответствии с современными методологическими подходами целевая оценка соляной среды базируется на анализе функциональных свойств соляных пород (определяемых их структурно-литологическими характеристиками), образующих элементы внутреннего и внешнего строения соляного тела [2 – 7 и др.]. При этом под функциональными свойствами подразумеваются свойства соляной среды, имеющие определенное значение с точки зрения создания в ней техногенно-геологических систем, использования и охраны соляных ресурсов.

Солотвинский соляной массив является одним из многочисленных установленных соляных диапиров Закарпатья [8 – 10], в связи с чем возник вопрос о необходимости целевой оценки среды соляных массивов Закарпатского региона

для определения принципиальной возможности их дальнейшего разноцелевого использования на основе новейших методологических принципов.

Целью работы является исследование структурных и литологических особенностей соляных диапировых структур Закарпатского внутреннего прогиба для их целевой оценки (определения принципиальной возможности их разностороннего использования и охраны геологической среды).

В работе были поставлены задачи:

- обобщение научных и геологических материалов по структурно-литологическим особенностям соленосной формации Закарпатья, их переинтерпретация и целевая обработка на основе современной теоретической базы и с учётом новейших данных об особенностях геологического строения Закарпатского внутреннего прогиба;

- характеристика внутреннего и внешнего строения соляных диапиров исследуемого формационного комплекса;

- выделение характерных функциональных типов пород соляных массивов (благоприятных и неблагоприятных для техногенного вмешательства) для разномасштабного структурно-литологического моделирования и дальнейшей функциональной оценки соляных массивов.

Целевым геологическим исследованиям Закарпатской соленосной формации были посвящены работы А. Иванова, В. Утробина, В. Узембло, Г. Короткевича, М. Петрашкевича (и др.); детальные исследования внешней и внутренней структуры соляных диапиров и литологических особенностей проводились С. Кореневским, А. Бокуном, А. Атеевым, В. Китыком, Л. Приваловой (и др.), датированные преимущественно серединой – началом второй половины прошлого столетия.

Фактическим материалом для решения поставленных задач послужили результаты съемочного, поискового и структурно-поискового глубокого бурения в регионе (в том числе нефтепоискового), материалы детальных разведок Солотвинской и Тереблянської структур (геологические разрезы скважин), результаты специализированных работ институтов УкрНИИСоля (Артемовск), НИИГалургии (Калуш) и Института геологии и геохимии горючих ископаемых (Львов) по определению свойств соляных пород (более 400 образцов), а также результаты подземного структурного картирования Солотвинского массива, выполненного с участием автора [1].

Общая характеристика баденской соленосной формации. Исследуемые соляные диапиры представляют единую баденскую соленосную формацию Закарпатского внутреннего прогиба – типичную соленосную формацию внутренней межгорной впадины, формирование которой происходило в условиях морского мелководья при компенсированном накоплении осадков на фоне эволюции Складчатых Карпат [11]. Первичная соленосная толща сформирована на относительно ровном ложе, сложенном преимущественно породами новоселицкой и водицкой свит, снівелировавших уступчатый рельеф кристаллического фундамента за счёт перепада мощностей от 0 до 1000 м; она представлена двумя отдельными сегментами, приуроченными к двум тектоническим депрессиям, – Мукачевской и Солотвинской, разделённым субмеридиональным фрагментом Выголат-Гутинской вулканической гряды. Стратиграфически соленосная толща представлена тереблянської свитой, расположенной в нижних частях разреза неогеновой молассы и согласно перекрытой мощной вулканогенно-терригенной монотонно-слоистой сероцветной флишеподобной толщей [12].

Согласно новым данным (М. Приходько, Л. Пономарёва и др., 2008), потоки солёных вод, транспортировавшие терригенный материал, поступали к седиментационному бассейну с северо-запада, что в соответствии с общей схемой зональности солеродных бассейнов (А. А. Иванов, С.М. Кореневский, В.В. Куриленко и др.) обусловило формирование закономерной горизонтальной зональности соленосной толщи (впервые прослеженной), выраженной в увеличении соленасыщенности с северо-запада к юго-востоку (наиболее загрязнённые соляные породы в бассейне первичной седиментации сосредотачиваются со стороны поступления в бассейн солёных вод и тяготеют к его краевым фланговым частям). Именно поэтому Солотвинский сегмент

соленосной формации, наиболее отдалённый от источника поступления вод, отличается значительно большей чистотой соляных пород, постепенно увеличивающейся к юго-востоку, а в краевой северо-западной части солеродного бассейна (Мукачевский сегмент) был сформирован суббассейн соляно-терригенной седиментации.

Следует отметить, что новейшие данные о палеогеографической ситуации в период существования солеродного бассейна, а также о преобразовании соляных пород в процессе литогенеза и механизме пластического течения соляных масс [13,14], дают дополнительное объяснение представленной ранее С. Кореневским схеме распределения литотипов соляных пород в пределах соленосной формации [8]. Анализ схемы, составленной С. Кореневским, показал, что выделенные им участки развития наиболее чистых разностей соляной породы чётко совпадают в плане с участками расположения развитых диапировых структур и являются вторичными, образованными в результате «самоочищения» соляных масс первичной толщи в процессе галокинеза (сформированные диапиры имеют выражено постседиментационный генезис, что подтверждается характером контакта соляного тела с перекрывающей солотвинской толщей [15]).

Современные очертания внешнего строения соленосной толщи обусловлены процессами диапиризма, развивающегося по классической схеме под воздействием гравитационно-тектонического фактора [16, 17] и приведшего к существенному перераспределению первичных мощностей тереблянских соленосных отложений: современные мощности соленосной толщи изменяются от 50 м (и менее) до 1500 м. Механизм образования соляных диапиров с позиций тектонофизики детально исследован А. Бокуном путем моделирования [9], что позволило объяснить их достаточно сложное и разнообразное внешнее строение прямой зависимостью от тектонических особенностей участка.

Анализ данных о распределении мощностей первичной соленосной толщи и сопоставление положения основных разрывных нарушений молассовой толщи и участков развития положительных соляных структур позволяет констатировать, что проявления диапиризма сосредоточены преимущественно вдоль зон разломов неогеновой молассы, унаследованных от разломов кристаллического фундамента, или в центральных частях отдельных брахиантиклинальных структур, на участках разуплотнения надсолевой толщи в результате действия горизонтальных тектонических напряжений. При сопоставлении впервые прослежено, что интенсивность соляной тектоники устойчиво связана с первичной мощностью соляной толщи, её соотношением с таковой надсолевой толщи, а также тектонической активностью унаследованных разломов¹.

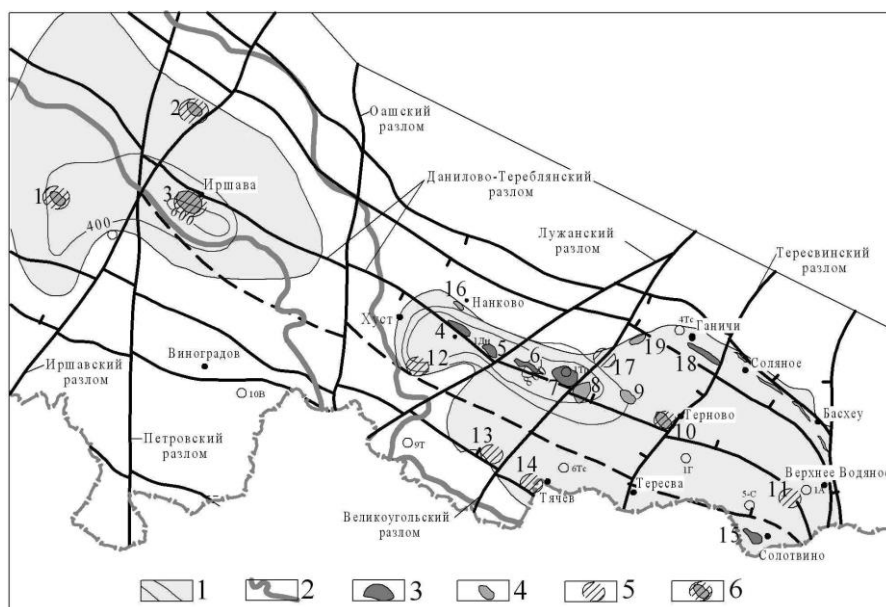
Соответственно двум палеогеографическим зонам единого баденского солеродного бассейна во внешнем строении соленосной формации чётко выделяются два структурных фрагмента, имеющих выраженные черты автономности образования и последующего геологического развития. Главные черты Солотвинского фрагмента: глубины залегания соляной толщи – от 0 до 2000 м, высокая степень диапиризма, которая определила образование трёх выраженных диапировых валов карпатского простирания, – мощный гребень развитых диапиров с ядрами протыкания вдоль Данилово-Тереблянского разлома (структуры Боронявская, Даниловская, Александровская, Тереблянская) и две полосы вдоль северо-восточной и южной части Солотвинской впадины более слабого развития. Главные черты Мукачевского фрагмента: существенно меньшая степень диапиризма, наличие в соляной толще значительного количества вулканического материала и маломощных слоёв гипсо-ангидритовых пород. Всего по имеющимся материалам выделено 19 диапировых структур различной степени диапиризма – диапироидов, криптодиапиров и развитых диапиров с ядрами протыкания (рис. 1) разнообразных морфологических очертаний. Наиболее сложным внешним

¹ Не имея достаточных научных обоснований, С. Кореневский считал, что «... интенсивность соляной тектоники в Закарпатье затухает с юго-востока на северо-запад...» и не связывал её с мощностью первичной соленосной толщи и перекрывающих отложений [8]

строением отличаются развитые диапиры, приуроченные к зонам активных разломов, унаследованных от разломов кристаллического фундамента и осложнённых серией разломов более мелких порядков (рис. 2).

По внутренней структуре соляные диапиры представляют собой слоисто-складчатые системы преимущественно субконцентрического строения, структурные элементы которых сложены в разной степени загрязнённой каменной солью, а также соленосными и засоленными терригенными породами (аргиллитоподобными глинами, песчаниками, алевролитами, очень редко – мергелями и известняками) с резким преобладанием соленосных глин. В резко подчинённом количестве в соленосной толще находятся сульфатно-кальциевые породы. Мощность пластов несоляных пород составляет от нескольких сантиметров до десятков метров. Терригенный материал в соляных толщах сероцветный, и его количество является определяющим для цвета (оттенков цвета) соляной породы, который становится в этих условиях одной из существенных визуальных характеристик свойств пород соляных массивов, поскольку достоверно установлена связь между количеством и характером распределения терригенного материала и физико-механическими свойствами соляной породы [3,6,7].

Каменная соль, слагающая диапировые тела, претерпела изменения, которые отвечают в основном стадиям раннего катагенеза и галокинеза. В результате преобразования первичной соленосной толщи за счёт процессов уплотнения, цементации, децементации, перекристаллизации, кристаллобластеза, растворения, механических деформаций каменной соли, а также переотложения минеральных компонентов произошло изменение первичных структурно-текстурных особенностей пород соляных массивов с формированием современных. Кроме того, в процессе диапиризма на уровне слоя происходило формирование микроскладчатости, будинажа и развития субгоризонтальной трещиноватости [14 и др.].



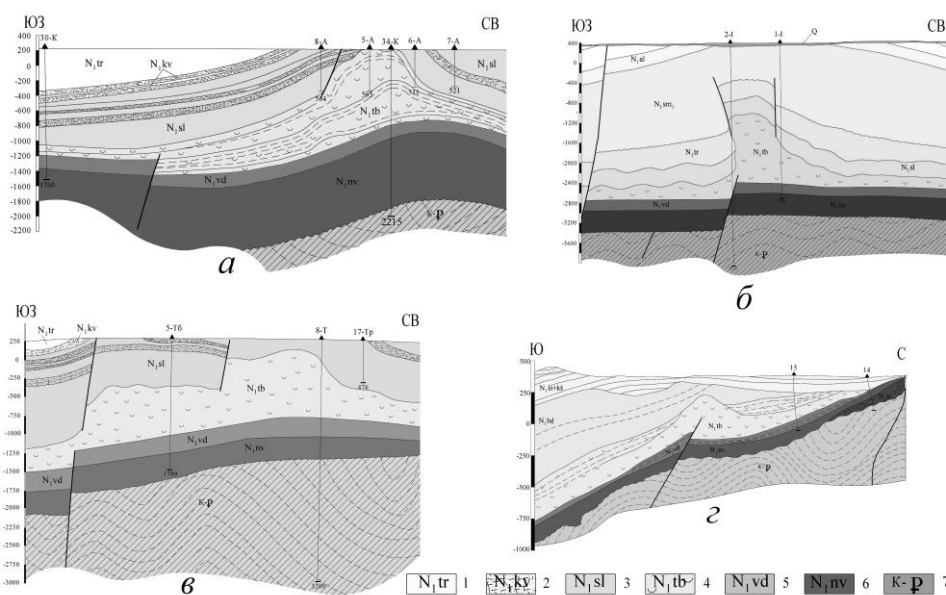
1 – площадь развития соленосной формации; 2 – современный контур вулканитов Выгорлат-Гутинской гряды; 3 – диапиры с ядрами протыкания; 4 – криптодиапиры; 5 – диапириды; 6 – слабо изученные структуры.

Соляные диапиры: 1 – Залужский; 2 – Свалевский; 3 – Иршавский; 4 – Боронявский; 5 – Даниловский; 6 – Александровский; 7 – Тереблянский; 8 – Восточно-Тереблянский; 9 – Округловский; 10 – Терновский; 11 – Северо-Солотвинский; 12 – Сокирницкий; 13 – Буштынский; 14 – Тячевский; 15 – Солотвинский; 16 – Нанковский; 17 – Стеблевский; 18 – Нересницкий; 19 – Большая Уголька.

Рис. 1. Расположение соляных диапиров по отношению к структурным элементам Закарпатского внутреннего прогиба (с использованием данных А. Иванова, Н. Лимовича, С. Корневского, А. Бокуна, А. Матвеевой, М. Приходько и др.).

Типичними структурами перекристалізації являються різнозерністі та гігантозерністі. Значительний об'єм соляних діапірів складають зони течення каменної солі, які характеризуються вираженою флюїдалною текстурою та кристаллопластичною структурою, а також соляно-глинисті та глинисто-соляні брекчії, характерні для всіх діапірів, що містять включення глинистих слоїв (прослоїв).

Результати структурно-літологічного моделювання. Для цільової оцінки середовища соляних діапірів використані методологічні принципи, які базуються на структурно-літологічному моделюванні геологічних об'єктів осадових формацій [18] з використанням общепризнаних теоретичних представлень щодо обумовленості літологічних особливостей та фізико-механічних властивостей соляних порід. Виходячи з цього, цільова оцінка соляної середовища була зведена до встановлення просторової (об'ємної) геометризми положення її структурних елементів з різними функціональними властивостями.



а – Александровский диапир (Шандрово) с открытым ядром протыкания, *б* – Иршавский криптодиапир, *в* – Восточно-Тереблянская комбинированная структура (купол/соляная подушка), *з* – диапироид Большая Уголька

1 – тересвинская свита (глины, прослои песчаников, конгломератов, риолитовых туфов), 2 – горизонт ковачских туфов, имеющий маркирующее значение в пределах Солотвинской впадины, 3 – солотвинская свита (аргиллиты, алевролиты с прослоями песчаников, риолитовых туфов, туфитов), 4 – тереблянская соленосная свита, 5 – водицкая свита (глины, алевролиты, гипсы, ангидриты, туфиты, линзы мергелей), 6 – новоселицкая свита (осадочно-вулканогенная толща: туфы риолито-дацитов с прослоями туфитов, аргиллитов, мергелей, туфопесчаников, конгломератов), 7 – породы кристаллического фундамента Закарпатского внутреннего прогиба

Рис. 2. Внешнее строение типовых соляных структур Закарпатского внутреннего прогиба

(с использованием материалов А.А. Иванова, Н.М. Лимовича, С.М. Кореневого, А.Н. Бокуна, А.А. Матвеевой, М.Г. Приходько и др.)

Главным методическим приёмом моделирования было выделение функциональных типов пород соляных толщ (групп структурно-літологічних типів з подібними властивостями) з подальшим расчленением опорных разрезов по выделенным группам типов. Данный приём был успешно апробирован для соляных структур ДДВ [4] и в процессе выполнения цифрового моделирования Солотвинского диапира [19]. Для установления структурно-літологічних типів (СЛТ) пород, слагающих соляные диапиры Закарпатья, соляная составляющая которых представлена исключительно каменной солью, были выделены

литологические типы самой каменной соли, которые определённым образом отражают функциональные свойства соляной среды, по следующим характеристикам: структурно-текстурные черты, вещественный состав, количество и распределение несоляных компонентов, наличие рассолов, механическая прочность, характерные визуальные признаки. Всего было выделено 10 СЛТ, объединённых в 4 основные функциональные группы (в соответствии с масштабом моделирования); при этом соляная порода зоны течения, обладающая специфическими свойствами (СЛТ VIII [19]), составляет отдельный функциональный тип. Функциональные свойства зон течения зависят от степени их развития и наличия плоскостей соскальзывания [13].

Функциональную группу 1 представляет чистая или слабо загрязнённая каменная соль (нерастворимый остаток (НО) до 2,5 %) светлых оттенков, монолитная, очень хорошо сцементированная, имеющая высокие показатели прочности ($\sigma_c^2 = 30 - 40$ МПа и более). Функциональную группу 2 – плотная, хорошо сцементированная каменная соль, в значительной степени загрязнённая (НО до 25%) и имеющая соответственно окраску от серых до тёмно-серых (вплоть до чёрных) оттенков; данную группу отличает равномерное распределение примесей и включений, не препятствующее формированию каркасной структуры каменной соли ($\sigma_c = 20 - 32$ МПа) в отличие от функциональной группы 3, характерной отличительной особенностью которой является неравномерное распределение примесей и включений в породе. Соляная порода группы 3 может отличаться значительной анизотропией свойств, значительной вариацией показателей прочности ($\sigma_c = 18 - 38$ МПа) и представляет интерес для создания различных техногенных объектов в пределах её пространственного развития только при дополнительном изучении свойств соляной породы и высокой степени природной защищённости соляного массива [20]. Группу 4 составляет ослабленная соляная порода с признаками незавершённой перекристаллизации, открытой пористостью, слабо сцементированная соляная брекчия или соляная порода, подвергшаяся действию экзогенных процессов. Часто такая порода содержит значительное количество рассолов в межзерновом пространстве. Показатели прочности такой породы обычно составляют 10 – 20 МПа и менее, а керн может представлять собой шлам.

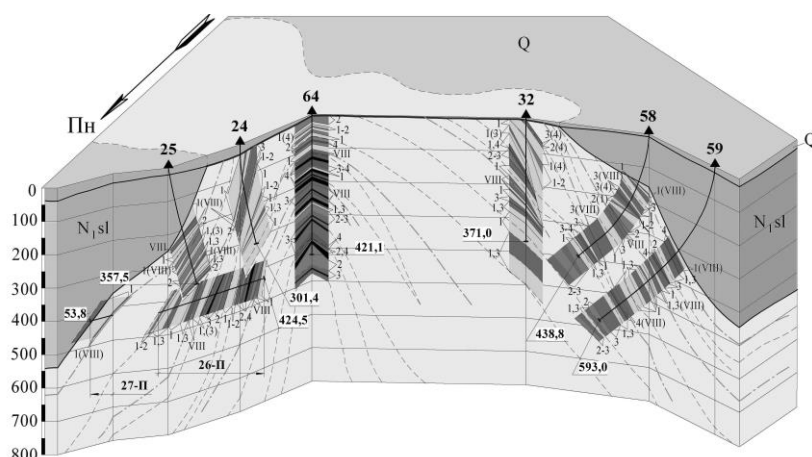
По предложенной схеме наиболее благоприятными структурно-литологическими разновидностями соляной породы для создания подземных полостей являются группы 1 и 2. Менее пригодными являются участки с преобладанием породы группы 3 и развитых зон течения. Объёмы соляных массивов, включающие мощные выдержанные слои группы 4, являются неблагоприятными (или даже запрещёнными) для подземного строительства.

С учётом выделенных групп типов произведено расчленение 88 опорных разрезов наиболее изученных соляных структур Солотвинской впадины – Солотвинской и Тереблянської, что позволило составить базу данных для построения структурно-литологических моделей. Расчленение опорных разрезов производилось путём гармонизации фактических данных различных лет и различного профессионального уровня с авторскими в соответствии с вышеприведёнными методологическими приёмами (с учётом составленной схемы взаимообусловленности литологических и физико-механических свойств соляных пород). В качестве основных характеристик использовались следующие: структурно-текстурные особенности, визуальные признаки (цвет, степень связанности зерен, выход керна при бурении скважины), результаты поинтервальных лабораторных определений вещественного состава (химического, минерального), пористости, прочности, технологических параметров (соленасыщенность, показатель НО, %, и др.).

В результате моделирования было получено адекватное геометризованное отображение пространственного распределения литотипов соляной породы,

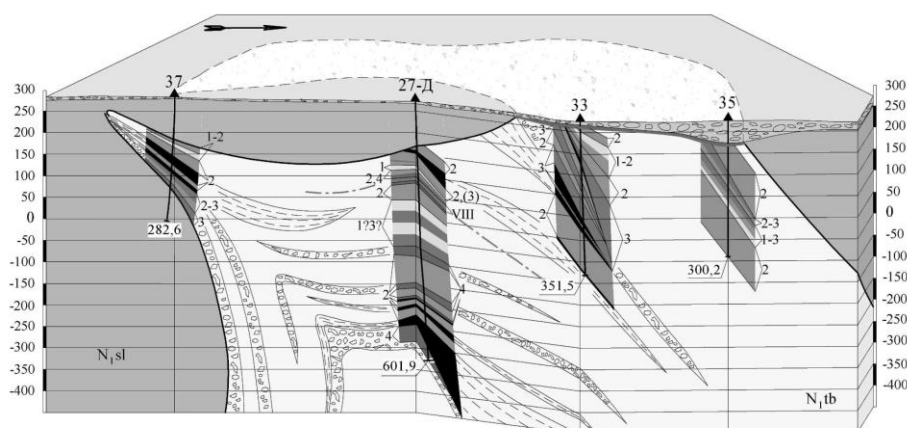
² σ_c – предел прочности на одноосное сжатие образца кубической формы

являющееся основой целевой оценки среды соляных массивов, для двух типовых структур – Солотвинской и Терелянской (рис.3, 4).



1 – прослои несоляных пород; 2 – зоны течения в соляных телах, определённые по структурно-литологическим признакам; 3 – контур эрозионного среза соляного тела; 4 – контур соляного тела; 5 – типовая соляная порода зоны течения (структурно-литологический тип VIII [19]; 6 – функциональный тип соляной породы (группа структурно-литологических типов)

Рис. 3. Фрагмент аналоговой модели северо-западной части Солотвинского диапира



Условные обозначения – на рис. 3

Рис. 4. Фрагмент аналоговой структурно-литологической модели Терелянского диапира (поперечный профиль)

Оценка иных структур дана на основе имеющихся фактических данных с учётом установленных закономерностей внутреннего строения формационного комплекса соляных диапиров, а также их площадного расположения в пределах развития соленосной формации и по отношению к установленным унаследованным разломам. Для Солотвинской структуры также осуществлено построение цифровой 3D модели, процедура построения которой и первая итерация модели представлены в работе [19]. Преимущества цифровой модели заключаются в её непрерывности и возможности последующих итераций, пополнения дополнительными данными и возможности увеличения масштаба моделирования. Визуализация последней итерации цифровой модели Солотвинской структуры представлен на рис. 5. Цифровая модель сохраняется в виде бинарных файлов в структуре картографической базы программного комплекса «Geomapping» и даёт возможность оперативной визуализации отображений участков соляной структуры, на которые направлен научный или практический интерес, по требованию, что обеспечивает высокую технологичность компьютерной версии модели.

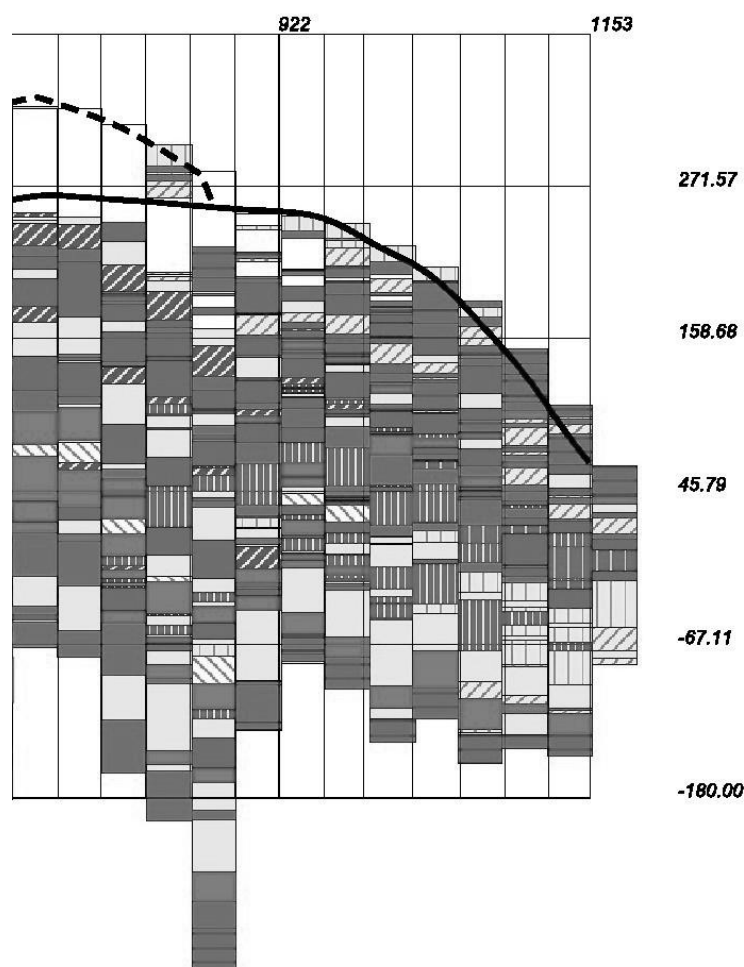


Рис. 5. Визуализация цифровой модели Солотвинского диапира (фрагмент северо-восточного сектора)

Выводы. Разработанные принципы структурно-литологического расчленения соляных толщ для условий соляных диапиров баденской соленосной формации Закарпатья и реализация моделирования по этим принципам позволили установить в пределах развития формационного комплекса солянокупольных структур Закарпатья наличие перспективных объектов (для эксплуатации соляных ресурсов, обустройства бальнеологических объектов и подземных полостей иного назначения), которые тяготеют к краевой юго-восточной части украинского фрагмента соленосной формации.

По результатам моделирования установлено, что в среде соляных массивов Закарпатья развиты как благоприятные, так и неблагоприятные для создания техногенных объектов структурно-литологические типы, учёт пространственного расположения которых является основой выбора перспективных участков. По мере удаления к северо-западу распространённость благоприятных типов в среде соляных диапиров существенно уменьшается. На развитие неблагоприятных функциональных типов соляных пород оказывает также существенное влияние и приуроченность диапиризма к зонам тектонически активных унаследованных разломов.

Наибольшей вероятностью прогнозной целевой оценки отличаются диапиры, для которых построены крупномасштабные модели, – Солотвинский и Терелянский, представляющих наибольший интерес с точки зрения возможного их разноцелевого использования.

Полученные результаты работы могут быть использованы для решения проблем, связанных с созданием и функционированием техногенно-геологических систем в соляных массивах, для снижения экологических рисков, а также повысить

общую эффективность геологических работ на территориях не только исследуемого, но и иных аналогичных регионов.

Библиографические ссылки

1. **Босевська Л.П.** Надзвичайна екологічна ситуація в Солотвино: геологічні причини і стратегія розв'язання проблеми / Л. П. Босевська, Д. П. Хрущов // Вісник Дніпропетровського університету. Серія «Геологія. Географія». – Випуск 13. – 2010. – Дніпропетровськ: ДНУ. – С. 80 – 90.
2. **Karl M. Looff & Kurt M. Looff** (1998) Geologic Evaluation for Domal Salt Storage Projects – An Overview Paper Presented at SMRI Spring 1998 Meeting, New Orleans, Louisiana, April 19 – 22, pp. 182 – 209.
3. **Brouad B.** In-Situ Salt Permeability Testing // Fall 2001 Meeting, 7-10 October, 2001. – Albuquerque, New Mexico, USA. – P. 18.
4. **Хрущов Д.П.** Структурно-літологічні моделі солянокупольних структур / Д.П. Хрущов, Н.А. Данишурка // Геол. журнал. – 2002. – № 4. – С. 67–77.
5. **Чабанович Л.Б.** Научно-технические основы сооружения и эксплуатации подземных хранилищ в каменной соли / Л.Б. Чабанович, Д.П. Хрущёв. – Киев: Варта, 2008. – 304 с.
6. **Асанов В.А.** Влияние рассолов на механические свойства соляных пород : (Семинар № 3. – Горный институт УроРАН) [Электронный ресурс] / В.А. Асанов, А.В. Евсеев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 2. – С. 363 – 366. – Режим доступа : http://www.giab-online.ru/files/Data/2010/2/Asanov_2_2010.pdf
7. **Босевская Л.П.** Основные принципы инженерно-геологической оценки соляных массивов, использование их как среды для сооружения подземных объектов различного назначения / Л.П. Босевская // Вісник Дніпропетровського університету. Серія «Геологія. Географія». – Т. 18. – Вип. 12. – 2010. – № 3/2. – Дніпропетровськ : ДНУ. – С. 95 – 105.
8. **Корневский С.М.** Миоценовые галогенные формации предгорий Карпат / С. М. Корневский, В. М. Захарова, В. А. Шамахов. – Тр. ВСЕГЕИ. – Новая серия. – Т. 271. – Л. : Недра, 1977. – 247 с.
9. **Бокун А.Н.** Соляные структуры Солотвинской впадины / А. Н. Бокун. — К. : Наукова думка, 1981. – 135 с.
10. Галогенные формации Украины: Закарпатский прогиб / [В. И. Китык, А. Н. Бокун, Г. М. Панов, Е.П. Сливко, В.С. Шайдецька]. – К. : Наукова думка, 1983. – 168 с.
11. **Щерба О. С.** Палеоокеанографічні ситуації седиментації в Закарпатському неогеновому басейні / О.С. Щерба, І.Т. Попп, Н. Я. Радковець // Сучасні проблеми літології і мінералогії осадових басейнів України та суміжних територій. – [ред. Гожик П. Ф]. – К. : ІГН НАНУ, 2008. – С. 199 – 203.
12. Стратиграфія неогенових відкладів Закарпатського прогину / [А. Андреева-Григорович, Л. Пономарьова, М. Приходько, В. Семененко] // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2009. – № 2 (147). – С. 58 – 70.
13. **Хрущев Д.П.** О механизме движения вещества в солянокупольных структурах по литологическим данным / Д. П. Хрущев, С. Б. Шехунова // Инженерно-геологические проблемы создания подземных хранилищ. – М., 1988. – С. 108 – 115.
14. **Шехунова С.Б.** Процеси літогенезу соленосних формацій / С. Б. Шехунова // Геол. журн. – 2009. – № 2. – С. 97 – 111.
15. **Кусов Б.Р.** Генетические типы соляных куполов / Б.Р. Кусов, А.Б. Дзайнуков. – (СКО ИГЕМ РАН и ВНИЦ РАН) // Геология нефти и газа. – 2008. – № 6. = [Электронный ресурс] : VIP Studio Presents . – ООО "ГЕОИНФОРММАРК" . – Режим доступа до журналу : <http://www.vipstd.ru/gim/content/view/814/262/>
16. **Фивег М.П.** Как образуются залежи каменной и калийной солей / М. П. Фивег // Человек и окружающая среда. – (АН СССР, Сибирское отделение. Ред. М. А. Жарков). – Новосибирск : Наука, 1983. – 80 с.
17. **Roy, H. Gabrielsen, Xavier Fort and Ole Martinsen**, 2008. Salt: Deformation, Trapping and Complexities // GEO ExPro. – May, 2008. – P. 56 – 58. – (= [el. rescuers] : <http://www.geoexpro.com/sfiles/53/34/1/file/salt.pdf/>)
18. Цифровые структурно-литологические модели как информационно-аналитическая основа для принятия решений по эксплуатации и охране минеральных ресурсов и геологической среды / Хрущов Д.П., Лобасов А.П. [и др.] // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення : [мат. міжнар. наук.-практ. конф. (Алушта, 7 – 11 вер. 2009 р.); [у 2-х т.]. – Х. : Райдер, 2009. – Т. 2. – С. 60–65.
19. Цифрова модель Солотвинської солянокупольної структури / [Л. П. Босевська, Д.П. Хрущов, О.П. Лобасов, Ю.В. Кирпач] // Зб. наук. праць Інституту геологічних наук НАНУ. Випуск 3. – 2010. – С. 248 – 255.

20. Методологічні та практичні аспекти визначення захищеності соляних товщ / [Д. П. Хрущов, Л. П. Босевська, Ю. В. Кирпач, О. В. Степанюк] // Екологічна безпека: проблеми та шляхи вирішення : міжнародна наук.-практ. конф., Алушта, 7 – 11 вер. 2009 р.) [зб. наук. статей у 2 т.]. – Х.: Райдер, 2009. – Т. I. – С. 99 – 104.

Поступила в редколлегию 29.04.13