

СОЛЯНЫЕ СТРУКТУРЫ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА КАК ФАКТОР РАЗМЕЩЕНИЯ ЛЕДНИКОВЫХ ЛОЖБИН

М. Е. Комаровский

Белорусский государственный университет, факультет географии и геоинформатики,
пр. Независимости 4, 220030 Минск, Республика Беларусь; mkomarovskiy@mail.ru

Соотношение между расположением ледниковых ложбин и соляными структурами отмечено на территории основных соленосных бассейнов в Западной Европе, а также в Северной Америке [1–3]. Явления приуроченности ложбин к соляным структурам были положены в основу представления о том, что соляные структуры взаимодействовали с ледниковыми покровами и способствовали возникновению ледниковых ложбин [4]. На территории Беларуси в Припятском солеродном бассейне также были замечены рост соляных поднятий в плейстоцене и движения соли в настоящее время. Рост соляных структур оказывает воздействие на формирование локальных возвышений и понижений, гляциодислокаций, положение линий водоразделов крупных рек, конечных морен, массивов торфяников и дюн. Всё же до сих пор в Беларуси не распознана связь между расположением ледниковых ложбин и растущими соляными структурами. В этой работе предпринята попытка исследовать влияние соляных структур Припятского прогиба на распределение, морфологию и характер геологического строения ледниковых ложбин.

Припятский тектонический бассейн расположен между Белорусской антеклизой и Жлобинской седловиной на севере и Украинским щитом на юге и протягивается с востока-юго-востока в запад-северо-западном субширотном направлении на 280 км при ширине до 150 км [5]. Припятский бассейн начал прогибаться в позднефранское время позднего девона. Самые глубокие его части выполнены более чем 5–6 км мощности осадочным чехлом, представленным в основном герцинским структурным комплексом. В разрезах верхнедевонских отложений выделяются франская и верхнефаменская соленосные толщи. Наибольшее влияние на заложение ледниковых ложбин в Припятском прогибе оказали процессы галокинеза в верхней из них верхнефаменской соленосной толще.

Верхнефаменская соленосная толща развита в Припятском прогибе восточнее Микашевичско-Житковичского выступа и залегает на глубинах от 353,7 м на северо-западе прогиба до 2 722 м на востоке. Мощность толщи увеличивается от 150–200 м на северо-западе до 3 237 м в северо-восточной части прогиба, составляя в среднем 1 500–1 800 м [6]. Верхнефаменская соленосная толща содержит пласты галита в основном в нижней части (галитовая подтолща) и галита, переслаивающегося с глинами, мергелями и, местами калийных солей в верхней части (глинисто-галитовая подтолща). Над верхней подтолщей залегают надсолевые верхнедевонские породы или более молодые, неполно представленные и нередко (в сводах соляных поднятий) размытые каменноугольные, пермские, триасовые, юрские, меловые и кайнозойские дочетвертичные отложения. Поверхность верхнефаменской соленосной толщи Припятского прогиба характеризуется широким развитием локальных соляных структур – антиклиналей, брахиантиклиналей, куполов, синклиналей и мульд. Как правило, они объединяются в протяжённые валы и синклинальные зоны преимущественно субширотного простираения (рис. 1).

В. С. Конищев [6] отмечал, что большинство соляных поднятий приурочено к линиям разломов и расположено преимущественно в их поднятых крыльях, реже – на моноклиналях и в прогибах подсолевого комплекса. При этом, примерно 59 % поднятий по генезису представляют собой отражённые приразломные структуры, которые осложнены галокинезом в различной степени, и соляные наложенные, т. е. частично или полностью соляные. Размещены они в центральной и юго-восточной частях прогиба. Около 41 % поднятий, развитых в западной части и прибортовой частях, – отраженные приразломные, не осложненные галокинезом (несоляные поднятия). Отрицательные структуры между соляными валами, как правило, отраженные приразломные, часто в той или иной степени компенсационные.

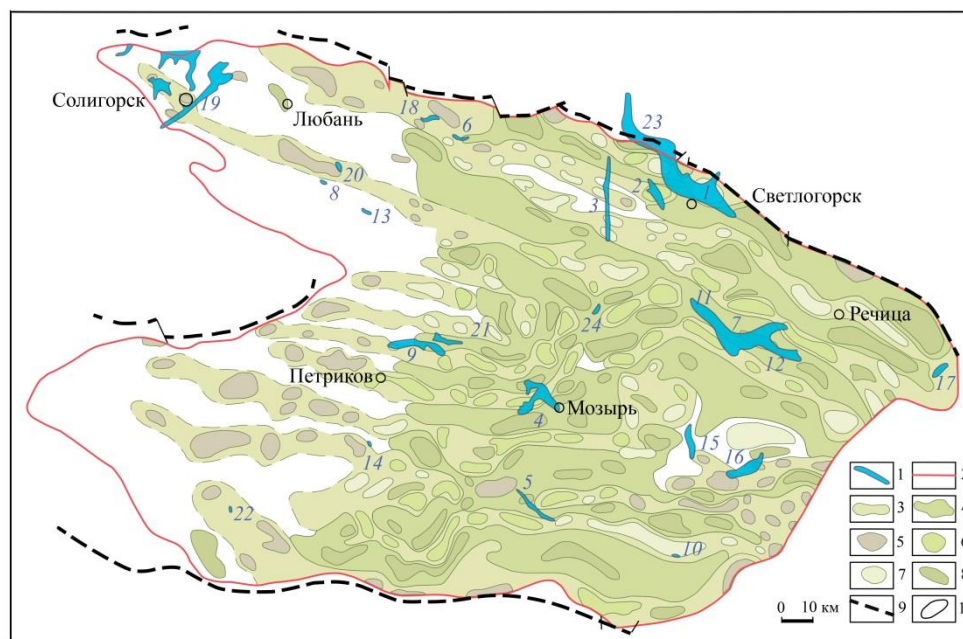


Рисунок 1 – Карта соотношения ледниковых ложбин с локальными структурами по поверхности верхнефаменской соленосной толщи (составлена с использованием материалов [5, 6])

1 – ледниковые ложбины; 2 – граница распространения верхнефаменских соленосных отложений; 3 – соляные валы; 4 – синклинали; 5 – несоляные поднятия; 6 – криптодиапиры; 7 – соляные подушки (диапириды); 8 – брахисинклинали, мульды; 9 – разломы; 10 – прочие структуры. Ледниковые ложбины: 1 – южный участок Светлогорской ложбины, 2 – Мольчанская, 3 – Дубровская, 4 – Мозырская, 5 – Ельская, 6 – Глусская, 7 – центральный участок Ведричской ложбины, 8 – Нежинская, 9 – Петриковская, 10 – Кожушковская, 11 – западный участок Ведричской ложбины, 12 – восточный участок Ведричской ложбины, 13 – Оресская, 14 – Укоптьская, 15 – Витьинская, 16 – Хойникская, 17 – Михальская, 18 – Андреевская, 19 – Погостская, 20 – Калиновская, 21 – Млынокская, 22 – Боровская, 23 – северный отрезок Светлогорской ложбины, 24 – Домановичская.

Чтобы оценить влияние соляных структур проводилось сопоставление ледниковых ложбин в поверхности дочетвертичных пород с соляными структурами, растущими в четвертичный период. Определение пространственного положения, особенностей морфологии и геологического строения ледниковых ложбин в поверхности дочетвертичных отложений и четвертичной толще основывалось на анализе имеющихся разрезов буровых скважин. По буровым материалам были построены авторские карта поверхности дочетвертичных пород и ледниковых ложбин, карта

мощности четвертичных отложений, а также комплект карт, включающий карты мощности, карты поверхности и ледниковых ложбин всех ледниковых горизонтов масштаба 1 : 200 000 Припятского прогиба.

Для выделения растущих соляных структур использовались опубликованная схема структурного районирования поверхности фаменских соленосных отложений [5]. Кроме того, анализировались опубликованные данные по неотектонике, геологическому строению четвертичной толщи и рельефа Припятского прогиба. Деформации в кайнозойских отложениях над активными поднятиями и опусканиями, к которым приурочены ложбины, были представлены на геологических разрезах верхнедевонско-четвертичной толщи, пересекающих структуры в продольном и поперечном направлениях. Эти построения дали возможность продемонстрировать выражение развивающихся соляных структур в мезозойских и кайнозойских коренных отложениях, показать изменения в строении плейстоценового комплекса ложбин.

Диагностика соляных структур, которые в четвертичное время испытывали движения соли, основывалась на приведённых ниже признаках:

- отраженным складкам палеоген-неогеновых пород, проникающим в толщу четвертичных отложений;
- разрывам самых верхних палеогеновых слоёв в сводах соляных поднятий и прорывам на дочетвертичную поверхность нижележащих верхнемеловых пород;
- локальным возвышениям дочетвертичной поверхности и заметному уменьшению мощности плейстоценового покрова, увеличению доли морен припятского возраста над соляными куполами;
- зонам повышенной мощности, наибольшего фациального разнообразия и полноты стратиграфического разреза четвертичного покрова над отрицательными структурами;
- более широкому развитию здесь водно-ледниковых, озёрно-ледниковых, аллювиальных и озёрно-болотных отложений и зон их повышенной мощности и др.

Изучение показывает, что 21 % ложбин расположено у локальных несоляных поднятий в западной и юго-восточной частях Припятского прогиба. Большинство ложбин (79 %) находится в его восточной части, где приурочено к структурам, образованным с участием соляной тектоники (см. рис. 1). Среди локальных соляных поднятий фаменской соленосной толщи и надсолевого этажа прогиба выделяются диапироиды и криптодиапиры, причём большинство составляют первые. В ядрах диапироидов отмечается раздув мощности соли до 600–800 м, иногда – до 1 400–1 600 м при мощности в смежных синклиналях обычно в несколько десятков метров, реже – 200–400 м. Относительная высота некоторых криптодиапиров достигает почти 2,5 км. Обычно криптодиариры перекрыты триасовыми и более молодыми отложениями, некоторые из них – среднеюрскими и реже – палеогеновыми аккумуляциями. Только у нескольких криптодиапиров палеогеновые породы прорваны на своде и на поверхность дочетвертичных отложений выступают более древние меловые породы.

По характеру соотношения с соляными структурами фаменских соленосных отложений Припятского прогиба выделяется 5 основных групп: 1) ложбины, пересекающие своды соляных поднятий; 2) огибающие своды соляных поднятий; 3) на склонах соляных поднятий; 4) в осевых частях отрицательных структур; 5) на крыльях отрицательных структур.

Большая часть ложбин (66 %) выявлена над соляными поднятиями. Ложбины врезаются в своды и склоны соляных поднятий. Ложбины над сводами поднятий составляют самую многочисленную группу на территории Припятского прогиба. Над

сводами диапироидов и криптодиапиров ложбины встречаются реже и примерно в равном количестве, тогда как у валов их выявлено больше. Здесь установлены ложбины, которые ориентированы согласно простиранию соляных поднятий, а также ложбины, вытянутые диагонально или вкрест. Ложбины, пересекающие с азимутальным несогласием своды соляных структур, составляют 75 % от общего числа надсводовых ложбин. Они ориентированы субмеридионально или диагонально по отношению к простиранию соляных структур. Меньшая часть ложбин имеет субширотное направление согласно простиранию поднятий. Одни ложбины короткие, представлены только над сводами и выклиниваются над крыльями соляных поднятий, например Андреевская, Михальская. Другие ложбины (Погостская, Светлогорская, Мольчанская, Дубровская) – более крупные, пересекают несколько соляных поднятий, принадлежащих соседним соляным валам.

В вертикальных геологических разрезах в надсолевой верхнедевонско-третичной толще прослеживаются антиклинали полого-куполообразной формы. Большинство куполов выражено в поверхности дочетвертичных отложений возвышениями высотой 10–24 м, нередко с выходами неогеновых пород на вершине. Пересечение ложбинами сводов соляных поднятий происходит преимущественно вдоль активных разломов. Данное расположение имеют 62 % надсводовых ложбин: Светлогорская, Дубровская, Мозырская, Андреевская, Погостская и др.

Ледниковые ложбины у склонов соляных структур также широко представлены в Припятском прогибе (25 %). Среди таких ложбин 50 % приходится на склоны диапироидов, 17 % – криптодиапиров и 33 % – соляных поднятий. Они встречаются в основном над крыльями, обращенными навстречу движению ледника, и изредка – у южных крыльев. Все ложбины вытянуты вдоль крыльев, короткие, неглубокие и имеют идентичные направления с простиранием структур и линиями разломов. В качестве примера можно привести Глусскую ложбину, которая локализуется над северным крылом Холопеничского диапироида (рис. 2, А).

Эта структура расположена в средней части Речицко-Шатилковской ступени на моноклинали по подстилающим отложениям, осложненной малоамплитудными разломами. Диапироид ориентирован в субширотном направлении, согласно с простиранием контролирующих её разломов. По поверхности верхнефаменской соли его длина достигает 3,5 км, ширина – 2 км, наклон крыльев составляет 30 м/км. Эта соляная структура входит на глубину до 170 м в перекрывающие верхнедевонские отложения, над которыми залегают пермские и мезокайнозойские породы. Покрывающие породы образуют отраженную складку (рис. 2, Б). Слоистость и кровля разновозрастных слоёв, строящих складку, изогнуты согласно с поверхностью соляного массива. При этом в своде диапироида верхнедевонские породы протыкают отложения перми и триаса и покрыты юрскими отложениями.

В структуре Холопеничского диапироида имеются признаки заметного роста и влияния на расположение и морфологию Глусской ложбины. Над сводом диапироида выражена пологая куполовидная складка в поверхности дочетвертичных отложений и всех ледниковых горизонтов $1,5 \times 2$ км. Амплитуда антиклинали составляет 19 м по кровле наревского ледникового горизонта, 10 м – березинского и до 7 м – припятского подгоризонта (рис. 2, В). В современном рельефе эта структура выражена моренно-флювиогляциальным возвышением высотой до 5–7 м. Глусская ложбина врежется в присводовую часть северного крыла диапироида, следует субпараллельно его оси. Крыло диапироида в этом месте расчленяет активный субширотный разлом, выраженный по подсолевым отложениям. Глусская ложбина непосредствен-

но расположена вдоль разлома. Такое совпадение может служить косвенным доказательством удлинения глубинного разлома и достижения им подошвы четвертичных отложений и влияния на размещение ложбины при активизации галокинеза в ледниковые эпохи. Рост Холопеничского диапириода в четвертичное время воздействовал на длину, глубину, природу и другие особенности строения Глусской ложбины. Её длина определяется протяжённостью диапириода. Самый глубокий участок ложбины отмечается с северной стороны свода структуры. В пользу проявления галокинетических процессов говорят также подлёдная водно-эрозионная природа ложбины, изменение характера строения четвертичного покрова: над растущим сводом диапириода сокращается мощность четвертичных отложений, стратиграфический разрез и разнообразие фаций. Место расположения огибается прадолиной и современной долиной р. Птичь, контролирует положение погребённых и голоценовых аллювиальных свит (рис. 2, В). Приведённые выше особенности строения четвертичного покрова отмечаются также на центральном отрезке Ведричской, Петриковской и других ложбин, расположенных вдоль крыльев соляных поднятий.

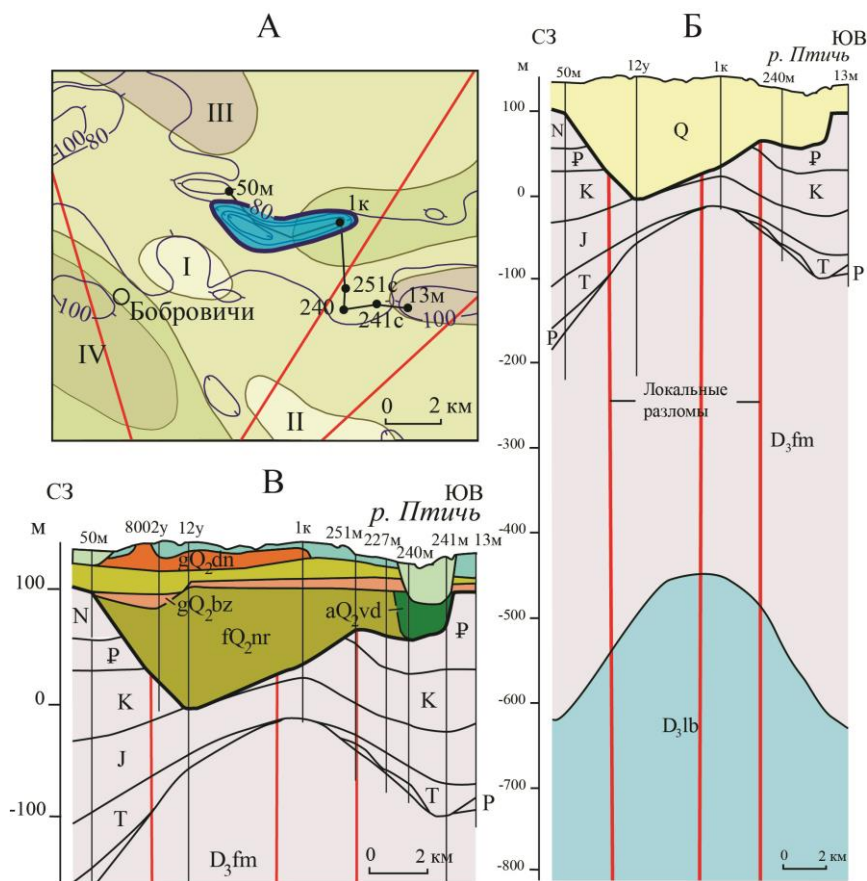


Рисунок 2 – Влияние галокинетических процессов в пределах

Холопеничского диапириода на расположение и морфологию Глусской ложбины

А – ложбина врезается в присводовую часть северного крыла диапириода и следует параллельно его оси, Б – крылья и вершина диапириода нарушены разломами и ложбина прорезает кайнозойские и мезозойские породы, В – свод растущего диапириода в современном рельефе увенчан моренным возвышением, огибается погребённой и современной долиной р. Птичи. I – Холопеничский диапириод, II – Борисовский диапириод, III – Глусское поднятие, IV – Западно-Борисовская мульда.

Места расположения сводов соляных структур огибает около 8 % ледниковых ложбин. Ложбины огибают соляные поднятия значительной интенсивности роста. Так, большинство указанных ложбин обходят криптодиапиры и диапироиды, у которых вершины приподнимают поверхность дочетвертичных отложений и приводят к образованию возвышений с относительными высотами до 25 м. Такая картина наблюдается чаще у протяжённых ложбин, ориентированных по движению ледника и пересекающих несколько соляных валов субширотного простирания, например Светлогорской, Ельской.

Воздействие отрицательных локальных структур сказывается на распределении 26 % ледниковых ложбин. Все ложбины совпадают в плане с обращёнными синклиналями, мульдами и синклинальными зонами (см. рис. 1). В пределах отрицательных структур ледниковые ложбины распределяются следующим образом: 17 % располагаются над осевыми частями, а 13 % – на их крыльях, сопряженных с поднятиями. Ложбины приурочены к соляным структурам, растущим в плейстоцене. Расположение ложбин контролируется депрессиями в поверхности дочетвертичных отложений, совпадающими в плане с осевыми частями синклиналей и мульды либо с их крыльями, переходящими вверх по восстанию в склоны поднятий. Чаще они приклонены к склонам растущих соляных поднятий. Об этом свидетельствуют: 1) отражённые куполовидные складки с амплитудой до 19 м, проникающие в толщу четвертичных отложений; 2) разрывы самых верхних (палеогеновых) слоёв в сводах соляных поднятий и прорыв на поверхность ложа четвертичных пород нижележащих верхнемеловых отложений; 3) формирование над соляными куполами возвышений в кровле коренного субстрата. С распределением отрицательных локальных соляных структур и поднятий связаны также изменения главных особенностей четвертичного покрова. Синклинали и мульды определяют развитие зон повышенной мощности, фациального разнообразия и полноты стратиграфического разреза четвертичного покрова. Участки синклиналей и мульд ограничивают латеральное распространение водно-ледниковых, озёрно-ледниковых, аллювиальных и озёрно-болотных отложений или отмечают зоны их повышенной мощности. Надсолевые возвышения, располагающиеся гипсометрически выше, перекрывают более грубые плейстоценовые отложения и состоят они преимущественно из морен. Над вершинами соляных структур плейстоценовый покров состоит из припятского и поозёрского ледниковых горизонтов, тогда как в пределах прилегающих синклиналей и мульд сохранились более древние плейстоценовые образования. Ледником активизированное перемещение верхнедевонских соляных масс обуславливало опускание ледникового основания в осевых и краевых частях компенсационных мульд и синклиналей и подъём соляных куполов. Увеличение наклона поверхности надсолевых пород навстречу леднику на крыльях отрицательных структур, приклоненных к склонам соляных поднятий, благоприятствовало врезанию.

Таким образом, выявляется довольно отчётливая зависимость между геологическим строением Припятского прогиба и развитием ложбин. Установлено тяготение ледниковых ложбин к площадям расположения локальных структур верхнефаменской соленосной толщи. Ложбины локализуются над теми локальными структурами, которые проявляли рост в четвертичное время. В пределах Припятского прогиба преобладающая часть ложбин расположена над локальными соляными поднятиями, меньшая часть – в пределах отрицательных структур. На площади поднятий ложбины чаще всего выявляются на сводах и их склонах, обращенных навстречу движения ледника. У отрицательных форм они тяготеют к осевым частям

и крыльям, сопряженным с поднятиями. Характерная черта ложбин, которые имеют взаимосвязь с соляными структурами, заключается в их нередкой приуроченности к активным разломам. Эти разломы прослеживаются внутри отраженных складок в надсолевых верхнедевонско-кайнозойских осадочных отложениях с заметным смещением вплоть до поверхности дочетвертичных отложений, где наследуются ложбинами. Развитие солевых структур и разломов в наревскую и днепровскую ледниковые эпохи создавало под ледниками ослабленные зоны, которые способствовали гляциотектоническим деформациям, ледниковой экзарации и эрозии подледниковых потоков талых ледниковых вод.

Библиографические ссылки

1. White W. A. Displacement of Salt by the Laurentide Ice Sheet // *Quaternary Research*. 1992. N 38. P. 305–315.
2. Sirocko F., Szeder T., Seelos C. et al. Young tectonic and halokinetic movements in the North-German-Basin: its effect on formation of modern rivers and surface morphology/ *Netherlands Journal of Geosciences // Geologie en Mijnbouw*. 2002. N 81(3–4). P. 431–441.
3. Hseinat M. Al., Hubsher C. Ice-load induced tectonics controlled tunnel valley evolution – instances from the southwestern Baltic Sea // *Quaternary Science Reviews*. 2014. N 97. P. 121–135.
4. Lang J., Hampel A., Brandes Ch., Winsemann J. Response of salt structures to ice-sheet loading: implications for ice-marginal and subglacial processes // *Quaternary Science Reviews*. 2014. N 101. P. 217–233.
5. Геология Беларуси / А. С. Махнач, Р. Г. Гарецкий, А. В. Матвеев и др. Минск: Ин-т геол. наук НАН Беларуси, 2001. 815 с.
6. Конищев В. С. Соляная тектоника Припятского прогиба. Минск: Наука и техника, 1975. 150 с.

УДК 551.336(476)

ВЛИЯНИЕ ТАЛЫХ ЛЕДНИКОВЫХ ВОД НА ФОРМИРОВАНИЕ ЛОЖБИН НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

Е. В. Хилькевич

Белорусский государственный университет, факультет географии и геоинформатики,
пр. Независимости 4, 220030 Минск, Республика Беларусь; katya.xilk@list.ru

Одним из основных факторов, оказавшим влияние на формирование субгляциальных водно-эрозионных ложбин, является дренаж талых подлёдных вод под высоким гидростатическим давлением. Талые воды присутствуют у основания ледников, где лёд достигает температуры близкой к точке таяния, и отсутствуют в ледниках, где лёд приморожен к ложу. По мнению многих исследователей, плейстоценовые ледниковые покровы относились к политермальным. Только в самых внешних частях краевых зон и в пределах ледоразделов ледники могли иметь холодное основание, которое не способствовало скоплению талых вод [2].

Образование талых подлёдных вод происходило в результате таяния льда за счёт поступающего геотермического теплового потока и в результате трения льда о ложе. Талые поверхностные воды проникали внутрь ледника по трещинам, вертикальным каналам и достигали его ложа. В краевой зоне супрагляциальные талые воды были основным источником вод в ложе ледника. В центральных частях леднико-