

УДК 551.435.42(476)

СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ЛЕДНИКОВЫМИ ЛОЖБИНАМИ И АКТИВНЫМИ РАЗЛОМАМИ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

М. Е. КОМАРОВСКИЙ¹⁾, Е. В. ХИЛЬКЕВИЧ¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Отмечается тесная связь расположения ледниковых ложбин и разновозрастных систем разломов, активных в плейстоцене, и в голоценовое время. Среди активных доплатформенных дизъюнктивов ложбины преимущественно наследуют разломы северо-восточного, северо-северо-восточного и субширотного направлений. Активным платформенным разломам, образовавшимся на ранне- и позднебайкальском, каледонском, герцинском и новейшем этапах, свойственны определенные системы ложбин, чаще они регистрируются в герцинской, ранне- и позднебайкальской системах разломов. В большинстве случаев ложбины располагаются вдоль разломов субширотной и северо-восточной ориентировки. Установлены главные формы пространственного соотношения между ложбинами и разломами. Сделан вывод о том, что разломы являются одним из основных факторов локализации ложбин и обусловленности важнейших особенностей внешнего облика и характера геологического строения.

Ключевые слова: ледниковые ложбины; активные разломы; плейстоцен; Беларусь.

CORRELATION BETWEEN GLACIAL VALLEYS AND ACTIVE FAULTS IN BELARUS

M. E. KOMAROVSKIY^a, E. V. KHILKEVICH^a

^aBelarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

Corresponding author: M. E. Komarovskiy (mkomarovskiy@mail.ru)

One of the most important regularities of the glacial valleys localization is their close connection with different-aged fault systems of the consolidated earth crust and platform cover which were active in Pleistocene and recent period. Valleys prefer faults of north-east, north-north-east and sublatitudinal directions amount consolidated earth crust disjunctives. Active platform faults, which were formed during the Early and Late Baikalian, Caledonian, Hercynian and Neotectonic periods, are characterized by specific valley systems and special particularities of correlation, but more often they are localized within the Hercynian and the Early and Late Baikalian fault systems. In general, valleys are associated with the faults of north-east and sublatitudinal directions. Active faults are the significant factor in localization of glacial valleys in Belarus. They also predetermined the main particularities of valleys morphology and geological structure.

Key words: glacial valleys; active faults; Pleistocene; Belarus.

Образец цитирования:

Комаровский МЕ, Хилькевич ЕВ. Соотношение между ледниковыми ложбинами и активными разломами на территории Беларуси. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2018;2:106–117.

For citation:

Komarovskiy ME, Khilkevich EV. Correlation between glacial valleys and active faults in Belarus. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2018;2:106–117. Russian.

Авторы:

Михаил Евгеньевич Комаровский – кандидат геолого-минералогических наук, доцент; доцент кафедры динамической геологии географического факультета.

Екатерина Викторовна Хилькевич – ассистент кафедры динамической геологии географического факультета.

Authors:

Michail E. Komarovskiy, PhD (geology and mineralogy), docent; associate professor at the department of dynamics geology, faculty of geography.

mkomarovskiy@mail.ru

Katherina V. Khilkevich, assistant at the department of dynamics geology, faculty of geography.

katya.xilk@list.ru

Введение

При изучении факторов локализации ледниковых ложбин обнаруживается необходимость решить проблему их взаимосвязи с активными разломами. Интерес к данной проблеме, помимо прочего, обусловливается тем, что расположение ледниковых форм над разрывными нарушениями многими исследователями рассматривается как косвенный признак неотектонической активности последних. Такие соотношения можно использовать при выявлении активных в плейстоцене разломов.

В Беларуси решение ряда важных аспектов этой проблемы было предложено в нескольких исследованиях [1–3]. А. В. Матвеевым отмечено совпадение почти всех наиболее значимых цепочек экзарационных ложбин с положением крупных региональных разломов, подчеркнута роль приразломных зон в развитии ледниковой эрозии. Э. А. Левков рассматривал разломные зоны как одну из причин образования ложбин ледниковой экзарации, выдавливания и гляциодислокаций. Схожих взглядов на проблему взаимоотношения особенностей распространения ледниковых ложбин и разломных зон придерживаются многие геологи [4; 5]. Большинство исследователей сходятся во мнении о том, что в ледниковые эпохи развивались смещения по разломам, создавались барьеры движению льда и изменялись физико-механические свойства пород субстрата в приразломных зонах. Эти явления обуславливали размах процессов ледниковой экзарации и выдавливания.

Цель настоящей статьи – выявить связь между расположением ледниковых ложбин и разрывных нарушений, активных в новейшее время. Ставились следующие задачи: рассмотреть методические приемы выделения активных разломов, оценить характер соотношения между ложбинами и активными разломами различных этапов заложения, установить основные формы пространственного соотношения между ложбинами и активными разломами, показать на конкретных примерах проявление активных разломов в морфологии и строении ложбин.

Методика исследований

Для того чтобы достичь цель и решить задачи, поставленные в работе, требовалось сопоставить ледниковые ложбины в поверхности дочетвертичных пород с разломами, активными в новейшем этапе. Картирование ледниковых ложбин проводилось в масштабе 1 : 200 000 по общепринятой методике с использованием всех имеющихся на 2015 г. разрезов буровых скважин. В качестве основы для построения карты активных разломов был использован среднемасштабный вариант карты разломов литосферы, где все разломы обоснованы геофизическими данными, свидетельствующими о реальном существовании разрывных структур в литосфере [6].

Активные разрывные нарушения диагностировались по прямым и косвенным признакам. В качестве прямых геологических признаков при выделении активных разломов использовались заметные вертикальные и горизонтальные смещения новейших отложений в форме уступов, флексур, разрывов слоев. Наличие мелкоблоковых поднятий и опусканий в структуре коренных отложений, отраженные складки и разрывы в новейших отложениях установлены над активизированными фрагментами Чашникского, Бешенковичского, Богушевичского, Витебского и Шестовичского разломов. Активные сдвиги зафиксированы вдоль Северо-Ратновского и Бельничского разломов, а появление сбросов – у Старобинского разлома [7]. Прямым геофизическим критерием современной активности разломов служат резкие градиенты пространственно-временных современных изменений гравитационного и магнитного полей. Пространственно-временные вариации свидетельствуют об интенсивных глубинных тектонофизических процессах в зонах Краснослободского, Кореличского, Неманско-Полоцкого, Чашникского, Бешенковичского, Борисовского, Южно-Припятского разломов [8].

Для выявления разломов, проявлявших активность в четвертичный период, привлекались также косвенные геофизические, геохимические, геологические, геоморфологические, сейсмические, дешифровочные, гидродинамические эффекты и другие критерии. Были использованы полосовые аномалии повышенной электропроводимости во всех горизонтах осадочного чехла и кристаллическом фундаменте; положительные геотермические аномалии; очаги и зоны разгрузки глубинных минерализованных вод в неглубоко залегающих водоносных комплексах чехла; узкие локальные аномалии аргона, гелия и линейно вытянутые участки аномальных концентраций радона; участки резкого изменения мощности и состава четвертичных отложений; линейно расположенные гляциодислокации; краевые ледниковые, озовые, олово-вые гряды; речные долины; озерные котловины; деформации земной поверхности и продольных профилей русел рек, смещения их направления; приуроченность ко многим из разломов эпицентров землетрясений и протяженных космолинеаментов. Кроме того, анализировались опубликованные картографические материалы по активным разломам [9]. Обобщение полученных данных позволило построить карту разрывных нарушений, активных в четвертичное время.

Сопоставление сети древних разломов с новейшими и современными активными разломами позволяет выделить среди последних в основном унаследованные дизъюнктивы. Для сопоставления использовались опубликованная схема разломов кристаллического фундамента [6], структурные карты поверхности фундамента и рифейских отложений Оршанской впадины, Полоцко-Курземского пояса, схема расположения разломов восточной части Подляско-Брестской впадины [10], геодинамическая карта внутриплитной разломной тектоники Беларуси и смежных областей (герцинский этап) [7] и др. Активные разломы на карте в основном наследуют фрагменты древних систем, которые сформировались на архейско-раннепротерозойском, ранне- и позднебайкальском, каледонском и герцинском этапах разломообразования. Полученные данные были использованы для оценки характера соотношения между ложбинами и разновозрастными доплатформенными и платформенными разрывными нарушениями.

Для установления особенностей сочетания ледниковых ложбин с активными разломами в плане использовалось сопоставление ложбин с пространственным положением и ориентировкой соответствующих разломов. В случае определения основных черт соотношения между ними в вертикальном разрезе положение и морфология разломов и надразломных складок в дочетвертичных отложениях сопоставлялись с ложбиной. Работа проводилась по картам поверхности и мощности всех ледниковых горизонтов и по геологическим разрезам, вскрывающим строение ложбин и разломов в поперечном и продольном сечениях.

Результаты и их обсуждение

На территории Беларуси в поверхности дочетвертичных отложений выделяется около 572 ледниковых ложбин. Пространственное совпадение с активными разломами имеют 306 ложбин, или 53,4 % от их общего числа (рис. 1).

При этом с разломами консолидированной коры, проявлявшими активность в плейстоцене и голоцене, совпадают 268 ледниковых ложбин, или 87,5 % (рис. 2, а). Над активными разломами северо-восточного, северо-северо-восточного и субширотного направлений располагается около 67,5 % ложбин от их общего числа, а меньшее число – над разломами северо-северо-западного, северо-западного (22 %) и восточно-северо-восточного (10,5 %) простираения. В пределах различных систем ложбины наследуют в основном разломы коровые внутриблоковые (34,3 %), локальные (32,1 %) и мантийного заложения, отделяющие блоки земной коры с различным геофизическим типом (23,5 %).

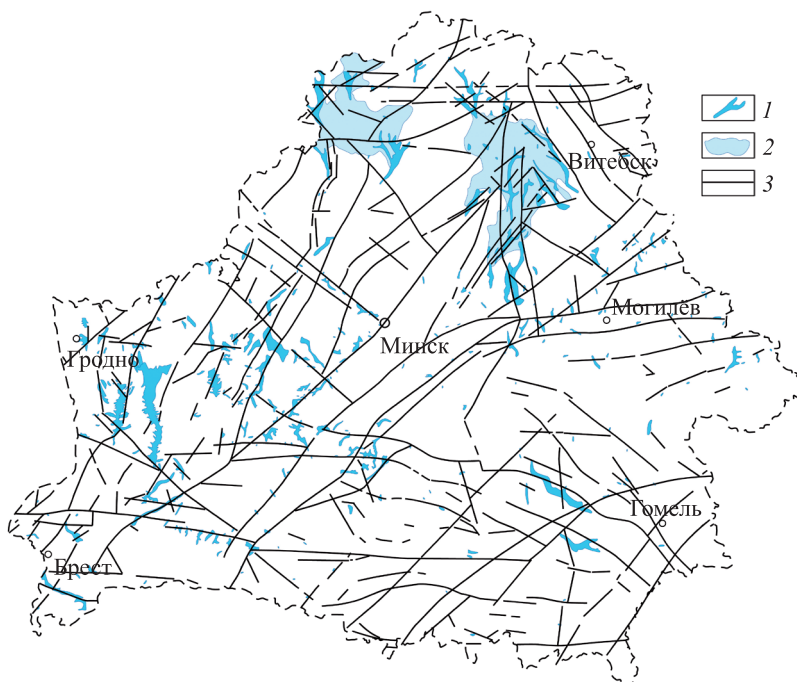


Рис. 1. Соотношение между ледниковыми ложбинами и разрывными нарушениями, проявлявшими активность в четвертичный этап:

1 – ледниковые ложбины; 2 – гляциодепрессии; 3 – активные разломы

Fig. 1. Correlation between glacial valleys and active faults:

1 – glacial valleys; 2 – glacial depressions; 3 – active faults

В зонах активных разломов, сформировавшихся на ранне- и позднебайкальском этапах, установлено наличие 53 ложбин. Большинство из них расположены в системах северо-восточного простирания (58,5 %) и широтного направления (35,8 %) (рис. 2, б). Единичные ложбины (5,7 %) присутствуют у разрывных нарушений, которые ориентированы субмеридионально. Все ложбины локализируются в зонах унаследованных активных разломов, совпадающих с сетью доплатформенных разломов или близких ей по положению и ориентировке.

Соотношения между ложбинами и активными разломами, возникшими в каледонский этап, отмечаются на юго-западе территории Беларуси (в Подляско-Брестской впадине). Все ложбины находятся на активных разломах северо-восточного простирания. В большинстве случаев они также совпадают с активными разломами, наследующими разломную сеть фундамента (рис. 2, в).

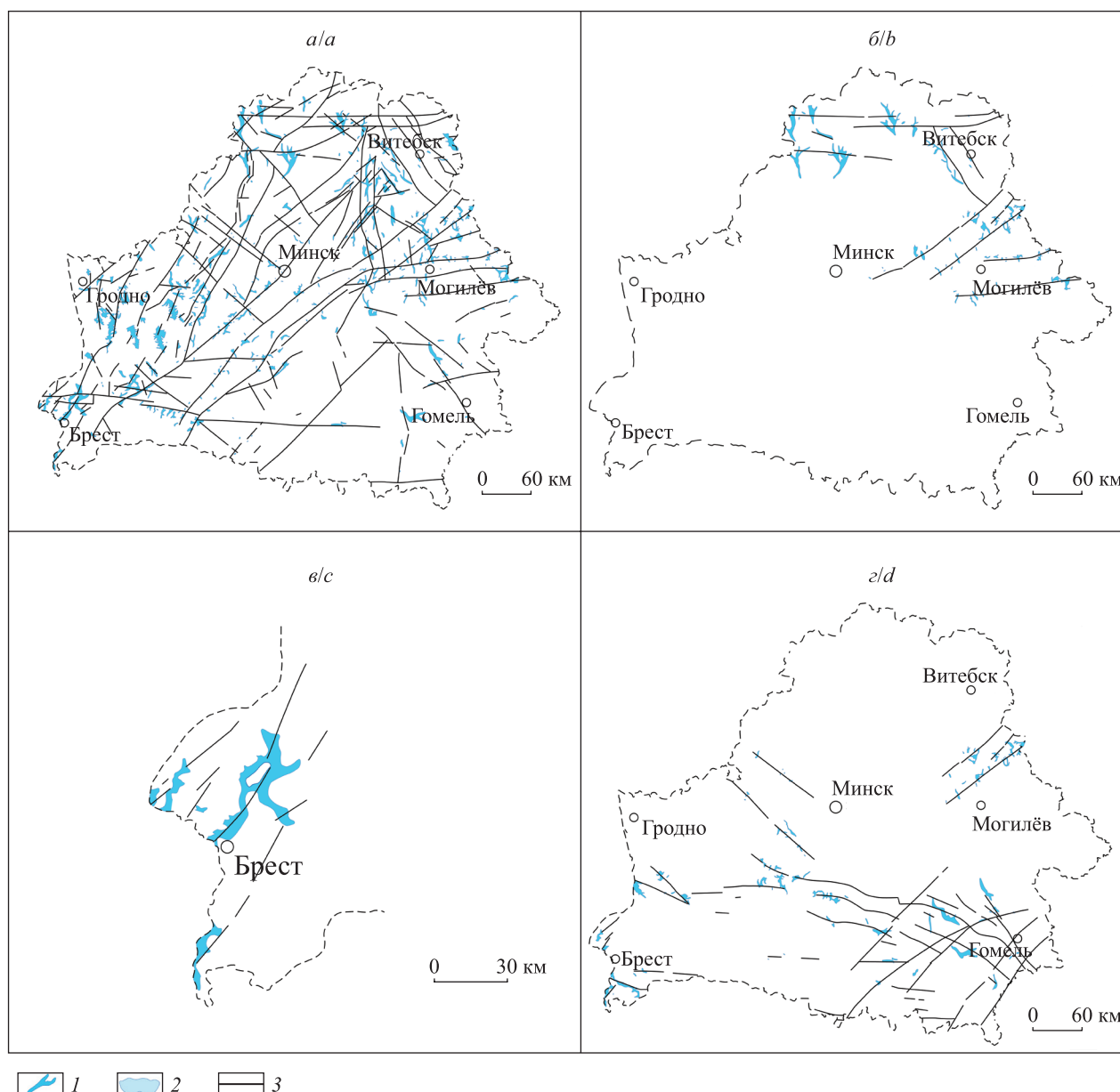


Рис. 2. Пространственное соотношение между ледниковыми ложбинами и разновозрастными системами активных разломов Беларуси:
1 – ледниковые ложбины; 2 – гляциодепрессии; 3 – активные разломы.
Виды разломов: а – унаследующие разломы кристаллического фундамента;
б – разломы ранне- и позднебайкальского этапов заложения; в – разломы каледонского этапа восточной части Подляско-Брестской впадины; г – разломы герцинского этапа
Fig. 2. Correlation between glacial valleys and different-age systems of active faults of Belarus:
1 – glacial valleys; 2 – glacial depressions; 3 – active faults.
Variations faults: а – valleys related with faults of consolidated earth crust;
б – valleys localized within the Early and Late Baikalian fault systems; в – valleys situated within the Caledonian faults in the Podlasya-Brest depression; г – valleys elongated near to the Hercynian faults

Активные разломы, которые сформировались в герцинский этап, определяют особенности локализации 68 ложбин на территории Припятского прогиба и к западу от него (рис. 2, *з*). Чуть более половины ложбин (около 51,5 %) проявляется над разломами того времени, меньшая часть – над разломами, которые заложились на более ранних этапах. В новообразованных герцинских системах 74,3 % ложбин сосредоточены над активными разломами субширотного западно-северо-западного простирания, 25,7 % ложбин имеют связь с активными разломами северо-западной направленности. Изучение расположения ложбин в пределах унаследованных герцинских разломов, проявлявших активность в четвертичное время, показывает, что ложбин больше, как правило, у разломов северо-восточного направления, чем над разломами северо-западного и западно-северо-западного направлений (63,6 и 36,4 % соответственно).

Сопоставление ложбин с разновозрастными системами активных разломов позволяет заключить, что первые наследуют в основном древние (доолигоценовые) разломы, активные в новейшее время. Для основной части ложбин устанавливается размещение над разломами фундамента. В зонах платформенных разломов ранне- и позднебайкальского, каледонского этапов ложбины имеют плановое соответствие с активными разрывными нарушениями, которые наследуют разломы фундамента. При сопоставлении ложбин с активными герцинскими разломами выявляется особенность соотношения между ними: около 11,4 % ложбин расположены над новообразованными разломами.

Типы соотношения между ложбинами и разломами. Анализ пространственного соотношения между ложбинами и активными разломами показывает, что все их разнообразие можно свести к нескольким разновидностям. Одна из них представлена линейными системами одиночных форм, в которых ложбины расположены поперек разлома (рис. 3, *а*). Такие линейные системы приурочены к Каменецкому, Неманско-Полоцкому, Диснянскому, Бельничскому, Южно-Могилёвскому, Северо-Припятскому, Южно-Припятскому и другим разломам субширотного и широтного простирания. У этих же структур нередко встречается другая разновидность: ложбины образуют линейные цепи и вытянуты вдоль разлома (рис. 3, *б*). Наиболее отчетливо данная разновидность видна на примере расположения Малоритской ложбины и Малоритского разлома.

В Чашникской разломной зоне, ограниченной по краям глубинными разломами субмеридионального направления, весьма распространены одиночные ложбины и линейные цепочки ложбин, вытянутые вдоль центральной части (рис. 3, *в*) и диагонально (рис. 3, *г*) либо вдоль противоположных краевых разломов и соединенные ложбиной по диагонали (рис. 3, *д*). Диагональное направление связано с расположением ложбин вдоль локальных разломов северо-восточного простирания, которые оперяют магистральные разломы, и наблюдается у Селявской и Крупской ложбин. Самая распространенная разновидность соотношения – система продольных ложбин, вытянутых параллельно разлому на небольшом от него расстоянии (рис. 3, *е*). Также нередки случаи, когда ложбины совпадают с разломами (рис. 3, *ж*). Особенно ярко такие соотношения проявляются между Сигневичской, Сервечской, Вилейской ложбинами и Кореличским разломом, а также между Россинской ложбиной и Щучинским разломом, Сенненской ложбиной и одноименным разломом. Еще одна разновидность наблюдается у извилистых ложбин и их цепочек, вытянутых вдоль разлома на разных его крыльях (рис. 3, *з*), что отмечается, например, у Светлогорской ложбины и Северо-Припятского разлома.

Встречаются и более сложные соотношения между ложбинами и разломами. Нередко ложбины и их системы локализуются в зоне сочленения основного и оперяющих разломов, в зонах *T*-образного сочленения и крестообразного пересечения магистральных разломов (рис. 3, *и*, *к* и *л*). Ложбины зачастую тяготеют к узлам пересечения двух и более разломов (рис. 3, *м*). Такие сложные соотношения наблюдались между ложбинами, приуроченными к узлам пересечения субширотных разломов Полоцко-Курземского пояса, Припятско-Брестской системы, с разломами субмеридионального направления. Одна из разновидностей соотношения между ложбинами и разломами характеризуется сетчатым рисунком (рис. 3, *н*). Он возникает в случаях, когда совокупность ложбин расположена над множеством скрещенных пересекающихся разломов диагональной и ортогональной направленности. Ложбины, образующие сетчатый рисунок над разломами, широко распространены на северо-востоке Подляско-Брестской впадины у городов Березы и Ивацевичи, в Полоцкой депрессии и других районах.

Соотношения между ледниковыми ложбинами и активными разломами, установленные в геологических разрезах четвертичных и коренных отложений, можно представить в виде восьми основных форм:

- 1) в грабенообразной структуре;
- 2) над приподнятым крылом разлома;
- 3) над разломом без смещения слоистости;
- 4) в замковой части отраженной антиклинальной складки;
- 5) на перегибе флексуры;
- 6) над горстообразной структурой;
- 7) над разломом-сбросом (разломом-взбросом);
- 8) у разлома над опущенным крылом (рис. 4).

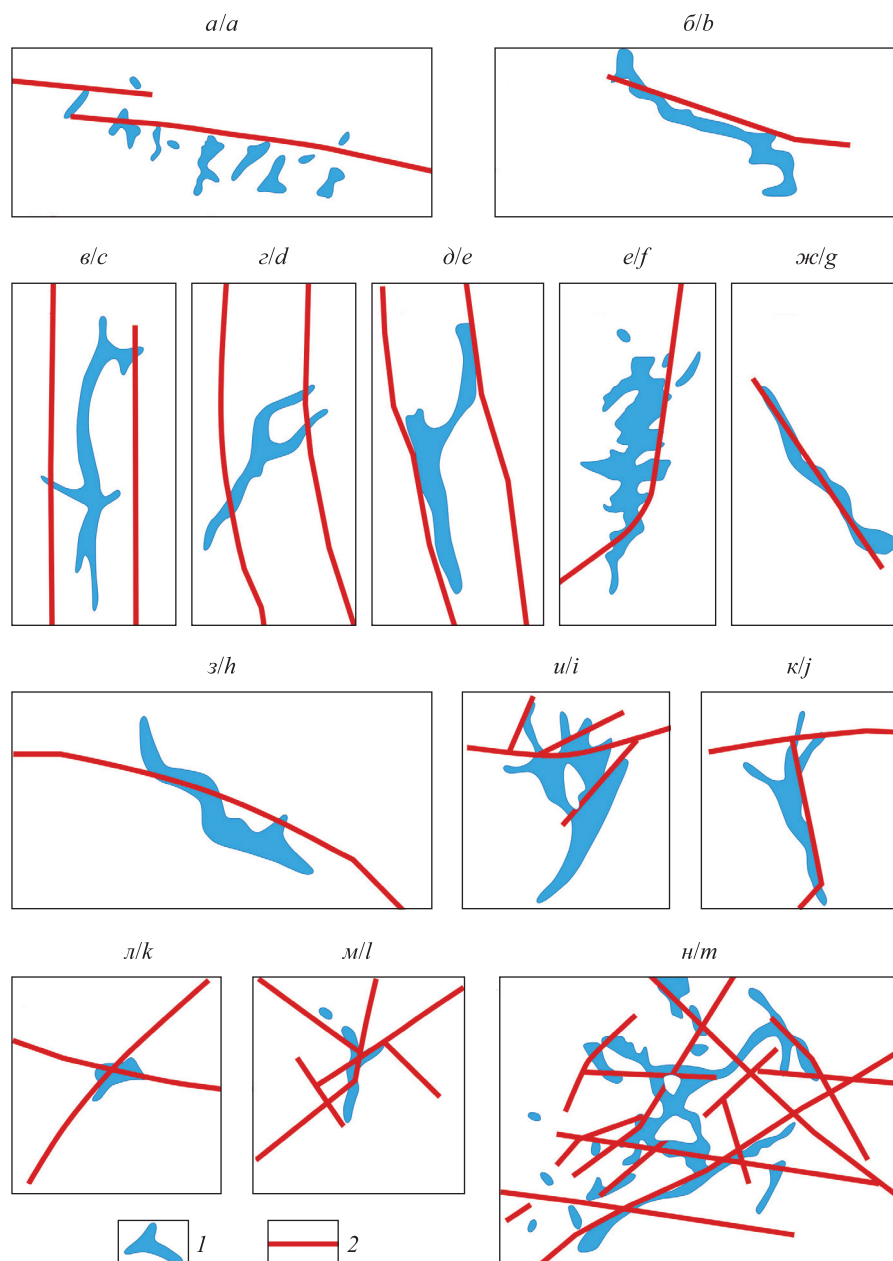


Рис. 3. Основные разновидности соотношения между ледниковыми ложбинами (1) и активными разломами (2):
a – в виде линейной системы обособленных форм, вытянутых поперек разлома;
б – в виде линейной системы обособленных форм, вытянутых вдоль разлома;
в – одиночные ложбины или цепочка ложбин, расположенных вдоль центра разломной зоны;
г – одиночные ложбины или цепочка ложбин, простирающихся диагонально направлению разломной зоны;
д – одиночные ложбины или цепочка ложбин, прослеживающихся вдоль разломной зоны у противоположных разломов и соединенных ложбиной по диагонали; *е* – линейная система продольных ложбин и одиночные ложбины, вытянутые параллельно разлому на небольшом от него расстоянии; *ж* – линейная система продольных ложбин и одиночные ложбины, расположенные непосредственно над разломом; *з* – извилистые ложбины и системы ложбин, вытянутые продольно разлому на разных крыльях; *и* – ложбины в зоне сочленения основного и оперяющих разломов; *к* – ложбины в зоне Т-образного сочленения разломов; *л* – ложбины на крестообразном пересечении; *м* – ложбины в зоне пересечения двух и более разломов; *н* – разломы в виде решетки (сетки)

Fig. 3. The main variations of correlation between glacial valleys (1) and active faults in plan (2):
a – the lineal system of isolated valleys related with fault and elongated across it; *b* – valleys situated along the fault;
c – individual valleys and lineal valley chains located along the central part of fault zone;
d – valleys orientated diagonally to the fault direction; *e* – valleys traced along fault zone at its opposite margins and connected with local valley; *f* – valleys elongated parallel and near to fault; *g* – valleys coincided with fault and ice movement directions; *h* – valleys placed longitudinal to fault on its different wings;
i – valleys related with suture zone of main and feathering faults; *j* – valleys preferred the T-shaped fault suture zone;
k – valleys situated in crossing of magistral faults; *l* – valleys located in intersection nodes of two or more than two faults;
m – group of valleys localized within reticulated pattern

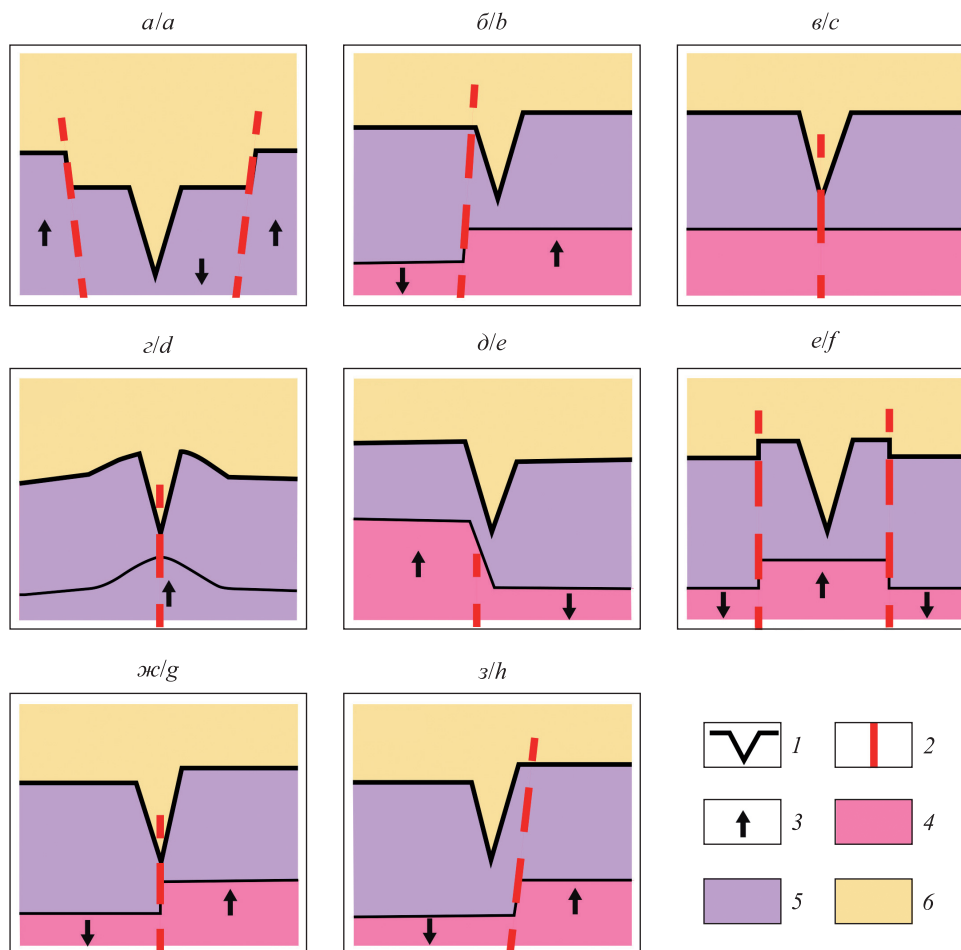


Рис. 4. Типы соотношения между ложбинами и активными разломами в геологическом разрезе:
1 – поверхность дочетвертичных отложений; 2 – разлом; 3 – направление перемещения блоков;
4 – кристаллический фундамент; 5 – дочетвертичные осадочные отложения; 6 – четвертичные отложения.

Формы связи ложбин с разломами:

- a* – ложбины в грабенообразной структуре; *б* – ложбины у разлома над приподнятым крылом; *в* – ложбины над разломом без смещения слоистости;
г – ложбины в замковой части надразломной антиклинальной складки;
д – ложбины на перегибе флексуры, соединяющем поднятое и опущенное крылья;
е – ложбины над горстообразной структурой; *жс* – ложбины над сбросом или взбросом;
з – ложбины у разлома над опущенным крылом

Fig. 4. The types of correlation between glacial valleys and active faults in geological section:
1 – bed-rock surface; 2 – fault; 3 – direction of block movement; 4 – consolidated earth crust;
5 – prequaternary sedimentary deposits; 6 – quaternary deposits.

Forms of connection valleys with faults:

- a* – valleys in graben; *b* – valleys over the uplifted wall of fault;
c – valleys over fault without displacement of lamination; *d* – valleys on curve of anticline;
e – valleys on the flexure bend; *f* – valleys over the horst; *g* – valleys within fault (reversed fault);
h – valleys over the downthrown wing of fault

Грабенообразные структуры располагаются в основании Чашникской, Новолукомльской и Крупской ложбин, а также около северо-западного участка Березовской ложбины. В основании первых трех ложбин грабенообразная структура образована Чашникской и Бешенковичской системами активных в новейшее время разломов, имеет центральный опущенный блок (рис. 5, *a*). По протяженности эта структура достигает 130 км. В поверхности дочетвертичных отложений ее ширина составляет от 8 до 14 км, вертикальная амплитуда достигает 30 м. Грабенообразная структура разбита большим количеством нарушений на более мелкие блоки, нередко они носят характер микрогорстов. Поэтому она выражена морфологически неотчетливо в поверхности коренных пород. Грабенообразная структура прослеживается в ранее сформированных отложениях среднего девона и верхнего венда. Мощности девонских и вендских пород в центральном и периферическом блоке одинаковы, при этом нет различий в их составе и фациях.

Разрывные нарушения грабеноподобного характера распознаются также внутри отложений заполняющего комплекса среднего и верхнего плейстоцена и в морфологии ложбин. Над относительно поднятыми периферическими блоками и опущенным центральным блоком этой структуры в поверхности березинского, припятского и поозерского ледниковых горизонтов выявляются локальные поднятия, соответствующие ее плечам, и опускание над центральным блоком. Чашникская ложбина относится к центральной части опущенного блока, а Новолукомльская и Крупская ложбины – к ограничивающим системам разломов. Все ложбины имеют субмеридиональное простирание и спрямленную форму в плане согласно разломам, которые они наследуют. В плейстоценовой толще ложбин вдоль активных разломов происходит резкое увеличение мощности ледниковых горизонтов и изменение их строения на разных крыльях. Структура разломов определяет локализацию чешуйчатых основных морен, морен выдавливания, скибовых гляциодислокаций и отторженцев коренных пород, размещающихся в бортах ложбин в березинском и вышележащих горизонтах плейстоцена. С Чашникским разломом пространственно совпадает субгляциальная водно-эрозионная рытвина возраста березинского горизонта на дне одноименной ложбины. Схожие соотношения были отмечены в районе городского поселка Бешенковичи, где представлена Чашникская флексурно-разломная зона [4]. Разрывные нарушения в коренных породах и деформации слоев четвертичных отложений имеют средне- и позднеплейстоценовый возраст.

Вторая форма соотношения между ложбинами и активными разломами характеризуется размещением их над приподнятым крылом (блоком) сброса. Такие соотношения наблюдались в локализации Сульской ложбины и Налибокского разлома, Бешенковичской ложбины и одноименного разлома, Погостской ложбины и Старобинского разлома. Особенно отчетливо они проявляются между Мозырской ложбиной и Пержанской системой разломов. В подошве четвертичных отложений в пределах разломов приподнятые блоки отделены от висячих уступами и флексурами с амплитудой смещения до 10 м. Блоки наследуют такого же типа структуры, но с еще большей вертикальной амплитудой более глубоких горизонтов платформенного чехла и по поверхности кристаллического фундамента.

Ложбины присутствуют на площадках поднятых блоков параллельно простиранию разломов на расстоянии 2–3 км. Обычно это ложбины ледникового выдавливания или экзарации. Проявление активных движений по разломам нашло отражение в резком увеличении мощности ледниковых горизонтов на приподнятых крыльях разломов в пределах ложбин, расположении чешуйчатых и основных морен, межледниковых озерных и аллювиальных аккумуляций на дне ложбин, а также в местонахождении напорных конечных морен и ледниковых отторженцев на бортах непосредственно над разломами. Основное время формирования сбросов и заложения ложбин – средний плейстоцен.

Размещение многих ложбин обусловлено положением активных разломов, которые не имеют заметных вертикальных смещений. Например, такое соотношение присуще Селявской, Заслоновской, Бельничской и другим ложбинам, совпадающим с Западно-Селявским, Смоленским и Оршанским разломами. Большинство специалистов по неотектонике отмечают, что подобные разрывы часто проявляются в рассеянном виде в широкой зоне [2; 4]. Несмотря на малую амплитуду смещений, целый комплекс признаков указывает на то, что названные разломы являются «живыми» (рис. 5, б).

Над такими разломами отмечаются спрямленные достаточно глубокие и узкие участки ложбин с V-образной морфологией, развитием субгляциальных водно-эрозионных рытин на дне. У Александрийской и Копыско-Шкловской ложбин, наследующих долину верхнего Пра-Днепра, над рядом таких разломов отмечаются деформации продольного профиля постели всех аллювиальных свит, а на бортах – напорные ледниковые формы или морены с чешуйчатыми текстурами. Развитие разломов и ложбин шло во время среднеплейстоценовых оледенений и продолжается сегодня.

Реже отмечаются случаи приуроченности ложбин к надразломным антиклинальным складкам. Последние по большей части концентрические, прямые, брахиморфные либо линейные. Они присутствуют на кровле протерозойских, девонских горизонтов, а иногда и в рельефе дочетвертичной поверхности в форме поднятий. Протяженность таких брахиантиклиналей достигает более 20 км, ширина – 8 км, относительная высота – 25 м. Типичный пример – Сенненский разлом (рис. 5, в и г), в котором замковая часть надразломной антиклинали прорезана Сенненской ложбиной. Сходные соотношения отмечаются между Ошмянской и Заславльской ложбинами в зоне Ошмянского разлома.

Ряд геологических фактов, указывающих на то, что эти складки могли быть порождены активизацией движений по разломам после их формирования в неогене и во время надвигания ледников, приведены З. А. Гореликом, Э. А. Левковым, А. К. Карабанным с соавторами, М. Е. Комаровским [11; 2; 4; 5; 12]. Свидетельствами в пользу того, что причиной заложения Сенненской ложбины стала растущая складка, являются строгое плановое соответствие ложбины гребню складки, система глубоких узких впадин на дне (отражают, по-видимому, траекторию трещин растяжения), выпадение из разреза четвертичной толщи древнейшей морены и залегание на дне ложбины березинской чешуйчатой

основной морены с отторженцами пород девона. Судя по тому, что складка не прослеживается в более молодых ледниковых горизонтах, основное время формирования поднятия (отраженной складки) и появления ложбины – березинское оледенение.

Многие ледниковые ложбины появляются на перегибе (смыкающем крыле) флексур. Такие структуры, прослеживаемые по коленообразным изгибам отложений осадочного чехла, в Беларуси обнаружены под ложбинами над многими разломами (Ошмянским, Щучинским, Кореличским, Кустинским, Краснослободским, Поставским и др.). Обычно флексуры отражаются в погребенном рельефе дочетвертичной поверхности, а иногда и в современном рельефе в форме ступенчатых склонов. Типичный подобный пример – флексурная складка в зоне пересечения Ошмянского и Минского разломов в районе водохранилища Дрозды: северо-восточное смыкающее крыло флексуры прорезано Заславльской ложбиной. Поднятое и опущенное крылья флексуры затрагивают все среднеплейстоценовые морены, у основания смыкающего крыла располагаются свиты погребенного и современного аллювия р. Свислочи. Сходные соотношения наблюдаются между Видзовской, Верхнедвинской, Гродненско-Лососненской, Воронской, Брестской, Сигневичской, Ивацевичской и Чепельской ложбинами.

Случаи расположения ложбин над горстообразными структурами представлены на площади Белорусской антеклизы. Наиболее отчетливое соотношение наблюдается между Сервечской ложбиной со структурой типа горста, которая образована сбросами по Кореличской системе, и южным фрагментом Ивенецкой системы разрывных нарушений. Протяженность ложбины горстообразной структуры превышает 22 км при ширине 4–10 км и относительной высоте 20–25 м. Центральный приподнятый блок структуры прослеживается в поверхности фундамента с заметным возвышением кверху и в осадочных образованиях венда, верхнего мела до отложений палеогена и неогена. Сервечская ложбина значительным отрезком совпадает с центральным блоком, врезана в коренные породы осадочного чехла вплоть до фундамента. Отмечаются также наиболее глубокие впадины на днище ложбины. Четвертичная толща в ложбине вдоль центрального блока горстообразной структуры сложена более дислоцированными пачками ледниковых отложений среднего плейстоцена по сравнению с ее плечами, на которых аналогичные породы слабее затронуты гляциодислокациями. В пределах разломов, ограничивающих центральный блок, проявляются дислокации складчато-чешуйчатого типа и отторженцы с участием меловых, палеоген-неогеновых и корчевских межледниковых отложений. Данный факт свидетельствует о возможной активизации разломов в среднем плейстоцене.

Чаще представлены ложбины, которые наследуют активные разломы. Такие ложбины присутствуют вдоль разломов субмеридионального простирания, например Щучинская и Воронская ложбины над Щучинским разломом. Более многочисленны подобные ложбины над активными субширотными сбросами в Припятском прогибе, а также у г. Червеня. На территории Припятского прогиба Северо-Припятский, Речицко-Вишанский, Шестовичский разломы унаследованы Глусской, Андреевской, Петриковской, Бобринской ложбинами.

Характерный случай совпадения ложбины с разломом под ее днищем отмечается у г. Светлогорска. В этом месте простирается Северо-Припятский разлом. В кинематическом отношении он представляет собой сброс, у которого плоскость сместителя наклонена в сторону опущенного южного крыла [10]. По поверхности дочетвертичных пород разлом выражается малоамплитудным уступом высотой около 10 м. Уступ разделяет ступени. На поднятой ступени присутствуют неогеновые аллювиальные аккумуляции Палео-Бережины, а на опущенной ступени – палеогеновые пески. Такие же ступени с уступами прослеживаются на поверхности более древних горизонтов верхнего мела, средней и верхней юры высотой 37 м, верхнего девона высотой 115 м. Светлогорская ложбина при прослеживании по простиранию пересекает еще несколько локальных разломов, которые также морфологически выражаются в форме уступов, иногда увенчаны отраженными антиклинальными складками.

Северо-Припятский разлом и оперяющие его локальные разломы определяют как спрямленно-вытянутую форму Светлогорской ложбины в плане, так и *V*-образный вид ее поперечного профиля с узким неровным дном и спрямленными склонами. Впадины на ее дне приходятся на участки ответвления локальных разломов, а также приурочены к северо-западному крылу отраженной складки. На продольном разрезе Светлогорской ложбины над такими структурами выделяются облекающие складки в вышележащих среднеплейстоценовых ледниковых горизонтах и погребенных аллювиальных свитах Бережины. Приведенные данные говорят о том, что развитие Светлогорской и других ложбин, нанизанных на разломы, инициировалось активизацией движений по разломам в среднем плейстоцене (наревское оледенение) – голоцене.

Сравнительно широко распространены ледниковые ложбины и над опущенными крыльями разломов. Такие соотношения установлены между Поставской, Мостовской, Савичской, Мышанской, Краснослободской ложбинами и разломами субмеридиональной, северо-восточной ориентировки. Однако наиболее отчетливо данные соотношения выступают в субширотных зонах разломов Припятского прогиба

и к западу от него. Показательными примерами могут служить связи между локализацией Ведричской ложбины и Речицко-Вишанского разлома, а также Малоритской ложбины и Северо-Ратновского разлома.

Все ложбины локализуются вдоль разломов на расстоянии до 5 км в пределах опущенных ступеней. В некоторых местах уступы таких ступеней и склоны вышерасположенных локальных поднятий образуют борта ледниковых ложбин. Например, северо-восточный борт Ведричской ложбины представляет собой уступ неотектонической ступени, переходящий в склон локального поднятия. В поверхности коренных пород амплитуда уступа неотектонической ступени достигает 8 м, а амплитуда локального поднятия равна 2–5 м. Эти структуры неотектонического происхождения наследуют Речицко-Вишанскую ступень в кровле фундамента и горизонтах дочетвертичной осадочной толщи.

Сами ложбины представлены преимущественно формами ледникового выпавивания, выдавливания и смешанного типа, реже встречаются ложбины подледной водно-эрозионной разновидности. В какой-то мере свидетельством влияния разломов на ледниковое выпавивание и эрозию подледниковых вод служат также крупные размеры ложбин и спрямленная слабоизвилистая форма в плане, вытянутость по направлению разлома, значительная глубина вреза, невыдержанный продольный профиль и *U*-образный либо *V*-образный поперечный профиль. В двух первых типах ложбин, расположенных у разломов, устанавливается увеличение мощности среднеплейстоценовых ледниковых горизонтов почти в два и более раза по сравнению с бортами, доминирование текстур чешуйчатых морен, гляциодинамических структур и гляциодислокаций.

Выводы

Одна из наиболее примечательных особенностей пространственного распределения ледниковых ложбин – их тесная связь с разновозрастными системами разломов, активными в плейстоцене и голоцене. Ими являются разломы как консолидированной земной коры, так и платформенного чехла Беларуси. Среди активных доплатформенных дизъюнктивов ледниковые ложбины наследуют разломы северо-восточного, северо-северо-восточного и субширотного направлений.

По роли в локализации ложбин разломы большинства глубинных уровней консолидированной коры располагаются в следующей последовательности: коровые внутриблоковые, локальные и мантийные.

Активным платформенным разломам, образовавшимся на ранне- и позднебайкальском, каледонском, герцинском и новейшем этапах, свойственны определенные системы ложбин и особенности соотношения, но чаще ложбины регистрируются в герцинской, ранне- и позднебайкальской системах разломов. В большинстве случаев ложбины выявлены над активными разломами субширотной и северо-восточной ориентировки.

По характеру соотношения между ложбинами и активными разломами в плане выделяются 13 групп:

- 1) линейные системы одиночных форм, в которых ложбины расположены поперек разлома;
- 2) ложбины, которые образуют линейные цепи и вытянуты вдоль разлома;
- 3) одиночные ложбины и линейные цепочки ложбин, вытянутые вдоль центральной части разломной зоны;
- 4) ложбины, вытянутые диагонально к направлению разлома;
- 5) ложбины, которые прослеживаются вдоль разломной зоны у противоположных краевых разломов;
- 6) линейная система ложбин и одиночные ложбины, вытянутые параллельно разлому на небольшом от него расстоянии;
- 7) ложбины, совпадающие с разломами и направлением движения ледника;
- 8) извилистые ложбины и системы ложбин, расположенные продольно разлому на разных крыльях;
- 9) ложбины и их системы в зоне сочленения основного и оперяющих разломов;
- 10) ложбины в зонах *T*-образного сочленения магистральных разломов;
- 11) ложбины в зонах крестообразного пересечения магистральных разломов;
- 12) ложбины, тяготеющие к узлам пересечения двух и более разломов;
- 13) соотношение между ложбинами и разломами, характеризующимися сетчатым рисунком.

В Беларуси доминируют пространственные соотношения между ложбинами и разломами первой, шестой, седьмой и двенадцатой из названных групп.

Главные типы соотношения между ледниковыми ложбинами и активными разломами, установленные в геологических разрезах четвертичных и коренных отложений, могут быть сведены к восьми формам. Это ложбины:

- 1) в грабенообразной структуре;
- 2) над приподнятым крылом разлома;
- 3) над разломом без смещения слоистости;
- 4) в замковой части отраженной антиклинальной складки;

- 5) на перегибе флексуры;
- 6) над горстообразной структурой;
- 7) в пределах разлома-сброса (разлома-взброса);
- 8) у разлома над опущенным крылом.

Приведенные примеры соотношения между ледниковыми ложбинами и активными разломами свидетельствуют о том, что разломы являются одним из основных факторов локализации ложбин и обусловленности важнейших особенностей их внешнего облика и характера геологического строения.

Библиографические ссылки

1. Матвеев АВ. *История формирования рельефа Белоруссии*. Минск: Наука и техника; 1990.
2. Левков ЭА. *Гляциотектоника*. Минск: Наука и техника; 1980.
3. Нечипоренко ЛА. *Условия залегания и тектоническая предопределенность антропогенного покрова Белоруссии*. Минск: Наука и техника; 1989.
4. Карабанов АК, Гарецкий РГ, Айзберг РЕ. *Неотектоника и неогеодинамика запада Восточно-Европейской платформы*. Минск: Беларуская навука; 2009.
5. Комаровский МЕ. *Палеоложбины Белорусского Поозерья*. Минск: БГУ; 2009.
6. Гарецкий РГ, Каратаев ГИ, Данкевич ИВ. Разломы консолидированной литосферы Беларуси по геофизическим данным. *Літасфера*. 2005;2(23):102–113.
7. Айзберг РЕ, Левков ЭА. Герцинские системы разломов Белоруссии. *Доклады Академии наук Белорусской Советской Социалистической Республики*. 1987;31(4):343–346.
8. Гарецкий РГ, Каратаев ГИ. *Эколого-тектонифизическая среда Беларуси*. Минск: Беларуская навука; 2015.
9. Матвеев АВ. Активизация разрывных нарушений на территории Беларуси в четвертичное время. *Літасфера*. 2014;1(40):43–49.
10. Айзберг РЕ, Гарецкий РГ, Карабанов АК. *Разломы земной коры Беларуси*. Минск: Красико-Принт; 2007.
11. Горелик ЗА. О происхождении долины р. Днепр и причинах ее резкого изгиба в районе г. Орши. *Вопросы географии Белоруссии*. 1960;1:26–30.
12. Комаровский МЕ. *Минская и Ошмянская возвышенности*. Минск: Институт геологических наук Академии наук Беларуси; 1995.

References

1. Matveev AV. *Istoriya formirovaniya rel'efa Belorussii* [History of Belarusian relief formation]. Minsk: Nauka i tekhnika; 1990. Russian.
2. Levkov EA. *Glaciotektonika* [Glaciotectonics]. Minsk: Nauka i tekhnika; 1980. Russian.
3. Netchiporenko LA. *Usloviya zaleganiya i tektonicheskaya predopredelennost' antropogenovogo pokrova Belorussii* [Position and tectonic predetermination of Anthropogene cover of Belarus]. Minsk: Nauka i tekhnika; 1989. Russian.
4. Karabanov AK, Garetskiy RG, Aizberg RE. *Neotektonika i neogeodinamika zapada Vostochno-Evropeiskoi platformy* [Neotectonics i neogeodynamics of west of the East European platform]. Minsk: Belaruskaya navuka; 2009. Russian.
5. Komarovskiy ME. *Paleolozhbiny Belorusskogo Poozer'ya* [Paleo-valleys in the Belarusian Poozerje area]. Minsk: Belarusian State University; 2009. Russian.
6. Garetskiy RG, Karataev GI, Dankevich IV. [Consolidated lithosphere faults of Belarus from geophysical data]. *Litasfera*. 2005;2(23):102–113. Russian.
7. Aizberg RE, Levkov EA. [The Hercynian faults systems of Belarus]. *Doklady of the National Academy of Sciences of Byelorussian Soviet Socialist Republic*. 1987;31(4):343–346. Russian.
8. Garetskiy RG, Karataev GI. *Ekologo-tektonofizicheskaya sreda Belarusi* [Ecological-tectonophysics environment of Belarus]. Minsk: Belaruskaya navuka; 2015. Russian.
9. Matveev AV. [Activation of fracture disturbances in territory of Belarus in Quaternary period]. *Litasfera*. 2014;1(40):43–49. Russian.
10. Aizberg RE, Garetskiy RG, Karabanov AK. *Razlomy zemnoi kory Belarusi* [Earthcrust faults of Belarus]. Minsk: Krasiko-Print; 2007. Russian.
11. Gorelik ZA. [About genesis of the Dnieper river valley and causes of its strong meander near Orsha town]. *Voprosy geografii Belorussii* [Questions of geography of Belarus]. 1960;1:26–30. Russian.
12. Komarovskiy ME. *Minskaya i Oshmyanskaya vozvyshennosti* [The Minsk and Oshmyany highlands]. Minsk: Institute of Geological Sciences of Academy of Sciences of Belarus; 1995. Russian.

Статья поступила в редколлегию 14.06.2018.
Received by editorial board 14.06.2018.