

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОХРАНЫ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Республиканское унитарное предприятие
«Научно-производственный центр по геологии»

Объект авторского права
УДК 551.435.47(476–17)(043.3)

ХИЛЬКЕВИЧ
Екатерина Викторовна

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, МОРФОЛОГИЯ И
ФОРМИРОВАНИЕ СУБГЛЯЦИАЛЬНЫХ ВОДНО-ЭРОЗИОННЫХ
ЛОЖБИН БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ В КВАРТЕРЕ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук
по специальности 25.01.01 – Общая и региональная геология

Минск, 2023

Работа выполнена в Белорусском государственном университете

Научный руководитель –

Комаровский Михаил Евгеньевич,
кандидат геолого-минералогических наук,
доцент, доцент кафедры региональной
геологии факультета географии и
геоинформатики Белорусского
государственного университета, г. Минск,
Беларусь.

Официальные оппоненты:

Оношко Мария Петровна,
доктор геолого-минералогических наук,
начальник отдела четвертичной геологии и
аэрокосмических методов исследований
филиала «Институт геологии»
Республиканского унитарного предприятия
«Научно-производственный центр по
геологии», г. Минск, Беларусь;

Павловский Александр Илларионович,
кандидат географических наук, доцент,
доцент кафедры горные работы факультета
горного дела и инженерной экологии
Белорусского национального технического
университета, г. Минск, Беларусь.

Оппонирующая организация –

Государственное научное учреждение
«Институт природопользования
Национальной академии наук Беларуси»,
г. Минск, Беларусь.

Защита состоится 16 ноября 2023 г. в 11:00 на заседании Совета по защите диссертаций К 12.01.01 при Республиканском унитарном предприятии «Научно-производственный центр по геологии» по адресу: 220084, г. Минск, ул. Академика Купревича, 7, Беларусь; e-mail ученого секретаря: direkt_ig@geologiya.by; телефон ученого секретаря: +375(17) 282-74-67.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Республиканского унитарного предприятия «Научно-производственный центр по геологии».

Автореферат разослан «27» сентября 2023 г.

Ученый секретарь Совета
по защите диссертаций К 12.01.01



С.В.Демидова

ВВЕДЕНИЕ

Субгляциальные (подледные) водно-эрозионные ложбины обнаружены на поверхности коренных пород и в современном рельефе во многих регионах мира, подвергавшихся материковым оледенениям. Во время оледенений эти ложбины служили основными подледными дренажными каналами для больших объемов талой воды и играли существенную роль в гидрологической системе, поддерживающей нормальное существование ледникового покрова. Поскольку подледный гидрологический режим в значительной степени определяет поведение ледников, понимание того, как действовали подледные каналы талых вод, зарождались и развивались субгляциальные водно-эрозионные ложбины, имеет важное значение для воссоздания геологической деятельности ледниковых покровов и талых ледниковых вод, объяснения происхождения и морфогенеза связанных с ними форм рельефа.

К подледным водно-эрозионным ложбинам приурочены многие виды полезных ископаемых, в том числе наиболее актуальные: пресные подземные воды и минеральное строительное сырье в Беларуси и странах Западной Европы, углеводороды в провинции Альберта Канады, в Норвежском, Северном морях и месторождения газа в ложбинах ордовикского и пермско-каменноугольного оледенений Африки и Среднего Востока. От разработки проблемы морфогенеза ложбин зависит решение ряда задач геологии, прогноза и поисков полезных ископаемых для расширения минерально-сырьевой базы нашей страны.

Проблема происхождения подледных водно-эрозионных ложбин находится в центре внимания специалистов на протяжении более полувека, однако до настоящего времени остается спорной в четвертичной геологии. Обсуждение возникновения ложбин в основном сосредоточено на гипотезах о том, какие явления и процессы (водно-ледниковая эрозия катастрофических потоков подледных талых вод, разжижение и течение отложений ледникового ложа либо их комбинация с ледниковой экзарацией, выдавливанием) обусловили зарождение ложбин. Назрела необходимость в исследовании, которое представляло бы цельную картину строения, возникновения и формирования водно-эрозионных ложбин.

Для решения данной проблемы эталонным объектом могут служить подледные водно-эрозионные ложбины Белорусского Поозерья. Здесь они широко развиты, сохранились в своем почти первозданном виде, имеют отчетливую взаимосвязь со структурами коренного субстрата, краевыми ледниковыми образованиями, коррелятивными отложениями и формами рельефа.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами (проектами), темами. Тема диссертации соответствует приоритетным направлениям научной, научно-технической и инновационной деятельности Республики Беларусь на 2016–2020 гг.: п. 8. «Рациональное природопользование и глубокая переработка природных ресурсов» и на 2021–2025 гг.: п. 3. «Энергетика, строительство, экология и рациональное природопользование». Диссертационное исследование выполнено в рамках государственных программ и тем: 1) НИР «Геология и минерагения осадочного чехла Беларуси» на 2016–2020 гг. (№ ГР 20162534); 2) мероприятие «Разработать технологию подготовки регионального прогноза нефтегазоносности территории на основе комплексного анализа данных дистанционного зондирования Земли из космоса и геолого-геофизической информации», подпрограмма 7 «Исследование и использование космического пространства в мирных целях», государственная программа «Научоемкие технологии и техника» на 2016–2020 гг. (№ ГР 20181825); 3) проектов по грантам БГУ для студентов и аспирантов: «Оценка перспективности Городокской возвышенности на полезные ископаемые» (2012 г.) и «Установить особенности строения и формирования ледниковых ложбин Белорусского Поозерья» (2013 г.).

Цель и задачи исследования. *Цель работы* – изучить основные особенности геологического строения, морфологии и формирования субгляциальных водно-эрозионных ложбин Белорусского Поозерья в квартере для обоснования рационального планирования геологоразведочных работ. Для достижения поставленной цели решались следующие *задачи*: 1) проанализировать факторы, способствующие возникновению ложбин; 2) выявить разновозрастные генерации ложбин в четвертичной толще и охарактеризовать их геологическое строение; 3) установить основные морфогенетические виды ложбин; 4) рассмотреть стадии и процессы формирования ложбин; 5) определить закономерности локализации месторождений полезных ископаемых и дать прогноз их обнаружения.

Объект исследования – субгляциальные водно-эрозионные ложбины Белорусского Поозерья. *Предмет исследования* – геологическое строение, морфология и процессы формирования ложбин.

Научная новизна. Выполненная работа включает следующие новые результаты:

1. Впервые комплексно исследовано геологическое строение, морфология, условия и этапы образования субгляциальных водно-эрозионных ложбин территории Белорусского Поозерья.

2. Установлены и охарактеризованы генерации ложбин березинского, припятского (сожского) и поозерского возраста.

3. Доказана связь локализации ложбин с районами развития глинистых пород и зонами прерывистого мерзлого ложа и базально-мерзлого ложа вдоль края поозерского ледника.

4. Обосновано выделение среди субгляциальных водно-эрозионных ложбин Белорусского Поозерья двух видов: 1) образованных быстрыми спусками подледных озер и 2) стоком наледных талых вод.

5. Рассмотрен морфогенез разных видов ложбин и показана способность подледных вод в определенных условиях разорвать перекрывающий лед и в бурных потоках по подледным каналам размывать породы ложа и создать глубокие ложбины.

6. Установлены закономерности локализации месторождений основных видов минерального строительного сырья и пресных подземных вод в отложениях ложбин.

Положения, выносимые на защиту:

1. Расположение субгляциальных водно-эрозионных ложбин определяется совокупностью геологических и гляциологических факторов. Главным условием для возникновения ложбин было наличие талых вод, мощных глинистых отложений в основании ледника и многолетней мерзлоты у его края. Глинистые отложения и многолетняя мерзлота затрудняли дренаж талых подледных вод через породы ледникового ложа, способствовали их накоплению и спуску по подледным туннелям, при углублении и расширении которых образовались ложбины.

2. В четвертичной толще Белорусского Поозерья ложбины образуют разновозрастные генерации, каждая из которых представляет собой систему форм подледного водно-эрозионного происхождения определенного оледенения. По залеганию александрийских и муравинских межледниковых отложений на днище ложбин выделены 3 региональные генерации: березинского, припятского (сожского) и поозерского возраста.

3. В зависимости от динамики водно-эрозионных процессов выделено 2 вида ложбин: 1) созданные быстрыми спусками подледных озер и 2) возникшие при стоке наледных талых вод. Ложбины первого вида представляют собой крупные формы с подледными террасами; вторые – являются извилистыми небольшими врезами. Наиболее крупные ложбины с террасами образованы многократными спусками вод из подледных озер, несут следы преобразования процессами ледникового выдавливания и водно-ледниковой аккумуляции.

4. Формирование подледных водно-эрозионных ложбин произошло на этапе деградации ледника и включало стадии: 1) врезания и расширения канала; 2) аккумуляции; 3) формирования подледных террас; 4) заполнения

льдом и моренными отложениями; 5) вытаявания льда и преобразования ложбин гляциотектоническими и гляциокарстовыми процессами.

Личный вклад соискателя. Фактический материал для написания диссертации собран лично автором в течение 2012–2022 гг. в ходе полевых исследований, проводившихся на территории Белорусского Поозерья. Всего обследовано 312 опорных разрезов: в 267 пунктах проведены массовые замеры ориентировки грубообломочного материала; в 33 пунктах выполнен анализ структурных элементов рельефообразующих отложений; в 34 разрезах – петрографический анализ гравия и гальки морены и в 4 пунктах – руководящих кристаллических валунов. Изучены все доступные фондовые и опубликованные материалы по субгляциальным водно-эрозионным ложбинам. Автором проанализировано около 3000 описаний разрезов буровых скважин, построены 22 геологических разреза и серия крупномасштабных (геологических, гляциоморфологических, прогнозных) карт ключевых участков ложбин, обновлено и построено 9 геологических и структурных карт березинского, припятского (сожского) и поозерского ледниковых горизонтов масштаба 1:200 000.

Апробация результатов диссертации. Результаты диссертации доложены на следующих республиканских и международных научных совещаниях и конференциях: V, VI, IX, X Университетские геологические чтения (Минск, 2011, 2012, 2015, 2016); VII Всероссийское совещание по изучению четвертичного периода «Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований» (Апатиты, 2011); Международный форум-конкурс молодых учёных «Проблемы недропользования» (Санкт-Петербург, 2011, 2013); научно-практическая конференция «Геологическая наука и инновации», посвященная 85-летию Республиканского унитарного предприятия «Белорусский научно-исследовательский геологоразведочный институт» (Минск, 2012); International Field Symposium «Palaeolandscapes from Saalian to Weichselian, South Eastern Lithuania» (Вильнюс, 2013); IX Всероссийское совещание по изучению четвертичного периода «Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований» (Иркутск, 2015); V Международная научно-практическая конференция молодых учёных и специалистов, посвященная памяти академика А.П. Карпинского (Санкт-Петербург, 2017); Международная научная конференция «Современные проблемы геохимии, геологии и поисков месторождений полезных ископаемых», посвященная 110-летию со дня рождения академика К.И. Лукашева (Минск, 2017); Международная научная конференция, посвященная 100-летию со дня рождения академика НАН Беларуси А.С. Махнача (Минск, 2018); Международная научная конференция «Проблемы региональной гео-

логии запада Восточно-Европейской платформы и смежных территорий» (Минск, 2019); Всероссийская молодежная геологическая конференция памяти В.А. Глебовицкого (Санкт-Петербург, 2020); Geological International Student Summit (Санкт-Петербург, 2022); XXV, XXVII, XXX науковыя чытанні, прысвечаныя памяці Г.І. Гарэцкага (Минск, 2015, 2017, 2019).

Результаты исследования используются в филиале «Белорусская комплексная геологоразведочная экспедиция» Государственного предприятия «НПЦ по геологии» и в учебном процессе на кафедре региональной геологии факультета географии и геоинформатики БГУ.

Опубликование результатов диссертации. По теме диссертации опубликовано 19 научных работ (8,29 авторских листа), среди которых: статей, опубликованных в журналах из перечня ВАК – 4 (4,09 авторских листа); статей в сборниках трудов и материалов международных научных совещаний – 15 (4,2 авторских листа). Работ без соавторов – 6.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, 5 глав основной части, заключения, списка использованных источников, 3 приложений. Общий объем диссертации – 165 страниц, в том числе 91 страница основного текста, 58 рисунков (на 52 страницах), 4 таблицы (на 4 страницах), 3 приложения (на 9 страницах). Список использованных источников состоит из 194 наименований (на 17 страницах), включая 19 публикаций соискателя.

ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ СУБГЛЯЦИАЛЬНЫХ ВОДНО-ЭРОЗИОННЫХ ЛОЖБИН

Субгляциальные водно-эрозионные ложбины представляют собой самостоятельный тип ледниковых ложбин. В Беларуси они впервые были выделены Г.И. Горецким и названы им ложбинами водно-ледникового размыва. Эти вытянутые отрицательные структуры отличаются от ледниковых ложбин других типов извилистой формой, малой шириной, значительной глубиной и происхождением в ложе ледника в результате эрозии талыми ледниковыми водами.

В настоящее время субгляциальные водно-эрозионные ложбины обнаружены во многих регионах мира, подвергавшихся плейстоценовым и доплейстоценовым оледенениям. На территории Беларуси подобные формы выявлены в поверхности каждого ледникового горизонта. В эталонном виде они представлены в области Белорусского Поозерья (рисунок 1).

Первые упоминания о возможной роли подледных талых ледниковых вод в образовании ложбин были высказаны около века тому назад в странах Западной Европы (A. Jentsch, C. Gottsche, N. Ussing, E. Werth, V. Madsen), а немного позже – на территории Беларуси (А.Э. Гедройц, А.Б. Миссуна). Дальнейшее развитие концепция размыва ложбин потоками талых



1 – ложбины, 2 – флювиогляциальные конусы выноса, 3 – граница поозерского ледника.

Цифрами обозначены ложбины: 1 – Сорочанская, 2 – Видзовская, 3 – Поставская, 4 – Должанская, 5 – Карпинская, 6 – Березовская, 7 – Белая, 8 – Забельская, 9 – Верхнедвинская, 10 – система ложбин Долгое и Гиньковская, 11 – Вечельская, 12 – Заборовская, 13 – Бобрицкая, 14 – Полсвижская, 15 – Чашникская, 16 – Худовецкая, 17 – Свечанская, 18 – Кругликская, 19 – Веринская, 20 – Филиппенская, 21 – Гребницкая, 22 – Тухинская, 23 – Свободная, 24 – Березовская, 25 – Соро

Рисунок 1 – Расположение субгляциальных водно-эрозионных ложбин на территории Белорусского Поозерья

ледниковых вод получила в работах Г.И. Горецкого, Е.П. Мандер, А.И. Гайгаласа, А.И. Спиридонова, А.W. Woodland, Ч.П. Кудабы, О.Ф. Якушко. В послевоенный этап возникли новые гипотезы: о ледниковом выпахивании ложбин при незначительном влиянии эрозии талых вод (P. Woldstedt, P. Jaspersen, H. Liedtke, K. Gripp, J. Kondracki); за счет переуглубления ледниками речных долин (М.М. Цапенко, Е.В. Рухина, Е.А. Ильин, В.О Чепулите, П.П. Вайтекунас, Г.Я. Эберхардс, А.В. Раукас) и полигенетическая, включающая эрозию талыми водами и ледниковую эрозию (S. Majdanowski, R. Galon, S. Kozarski, M. Pasierbski).

На современном этапе исследований усилия ученых сконцентрированы на решении вопроса о характере дренажа талых вод под ледниками и его влияния на возникновение ложбин. Внимание геологов к этой проблеме вызвало появление основных гипотез о морфогенезе ложбин: 1) устойчивого канализированного течения разжиженных отложений (G.S. Boulton,

R.C.A. Hindmarsh); 2) катастрофических спусков талых подледных вод (R. Wingfield, H.D. Mooers, J.A. Piotrowski) и 3) то же плоскостных потоков (H.E. Jr. Wright, J. Shaw). Среди отечественных специалистов в области исследования ложбин Белорусского Поозерья следует назвать Э.А. Левкова, А.К. Карабанова, А.Ф. Санько, М.Е. Комаровского, А.А. Новика.

При изучении ложбин использовался комплекс геологических и геоморфологических методов. Выявление их распространения в четвертичной толще и изучение соотношения с другими формами основывалось на анализе описания разрезов буровых скважин Государственного предприятия «Белгосгеоцентр». Погребенные ложбины выделялись путем сопряженного анализа фаций отложений и гипсометрии. Основное внимание при выявлении ложбин поозерского возраста уделялось изучению обнажений, морфографическому анализу рельефа в полевых условиях с использованием космofотоснимков.

При установлении факторов, предопределивших возникновение ложбин, полезным оказалось картирование по разрезам буровых скважин распространения и мощности выходящих в ложе ледника глинистых отложений; сопоставление ложбин с активными разломами, которые диагностировались по известной методике (Карабанов и др., 2009; Матвеев, 2014). Их связь с подледниковым рельефом устанавливалась путем изучения в полевых условиях и по среднемасштабным картам поверхности ледниковых горизонтов. Проявление термических условий в распределении ложбин определялось по геологическим и геоморфологическим критериям, несущим информацию о состоянии фазовой границы между водой и льдом у основания ледника. Изучение фаций и структуры подледных озерных отложений, под- и внутриледных каналов в обнажениях и скважинах имело большое значение для доказательства связи ложбин с подледными озерами, изучения характера стока внутри- и подледных вод.

Анализ данных палинологических исследований межледниковых отложений позволил установить разновозрастные генерации ложбин в четвертичной толще: березинскую – по присутствию в них александрийских межледниковых слоев, припятскую (сожскую) – по наличию муравинских межледниковых отложений и поозерскую. При определении возраста ложбин опирались на работы Н.А. Махнач (1971), Я.К. Еловичевой (1989) и фондовые данные филиала «Центральная лаборатория» Государственного предприятия «НПЦ по геологии». С целью выяснения характера геологического строения одновременно с литологией и фациями картировали рельеф ложбин и составляли геологические разрезы. Изучение поозерских ложбин проводили в поле на четырех ключевых участках наиболее типичных ложбин с привлечением морфографического анализа крупномасштабных карт, космofотоснимков и их геоморфологического профилирования совместно с заложением

шурфов глубиной до 2,5 м и обследованием обнажений. В горных выработках измеряли элементы залегания отложений на структурно-геологический анализ, а также проводили определение петрографического состава гравийно-галечной фракции и руководящих кристаллических валунов, текстурный анализ. Исходя из полученных результатов, реконструированы условия и основные стадии формирования ложбин и установлена их роль в формировании месторождений полезных ископаемых.

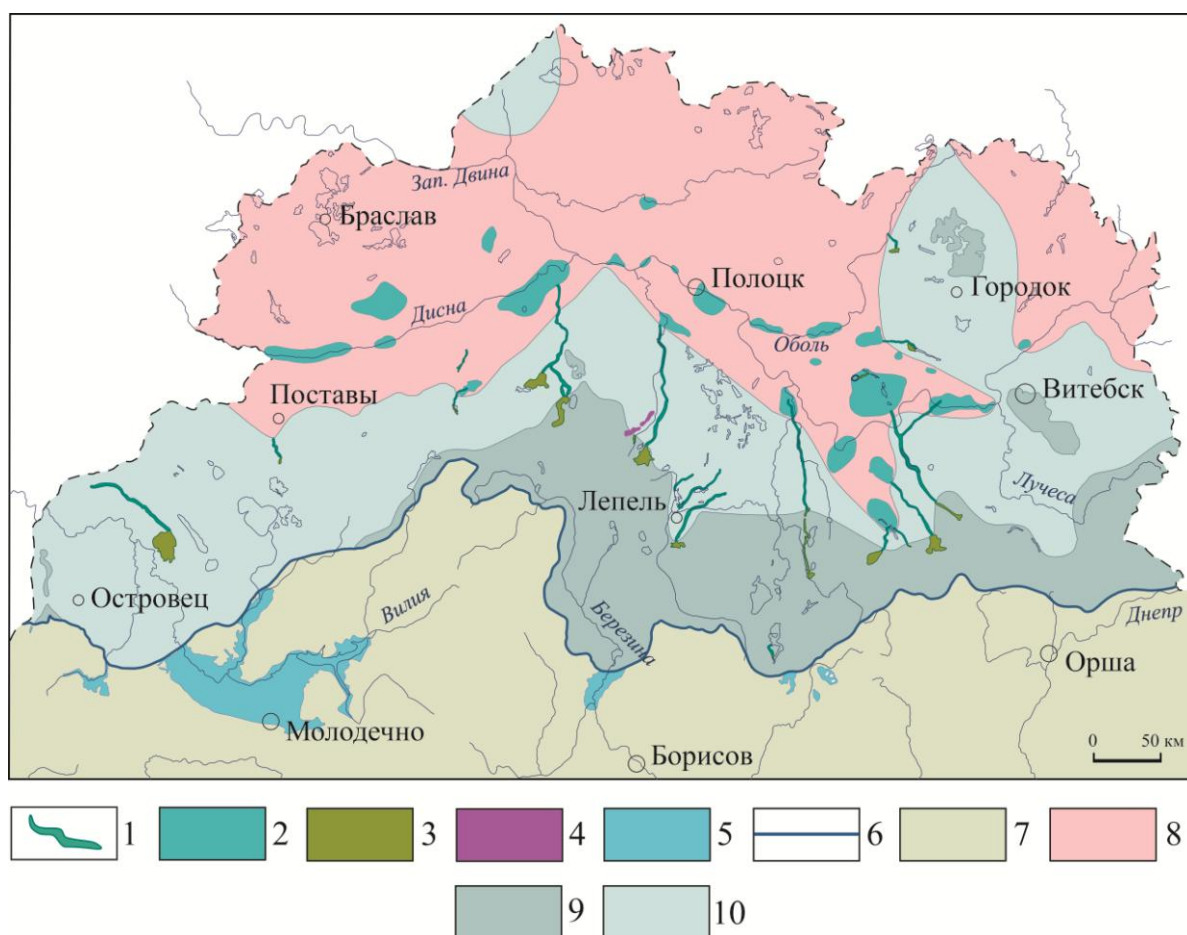
ГЛАВА 2 ФАКТОРЫ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЮ ЛОЖБИН

Формирование подледных водно-эрозионных ложбин происходит в основании ледника в результате эрозии талыми водами и определяется совокупностью геологических, гидрогеологических, гляциодинамических, гляциологических и других факторов. Среди этих факторов важную роль, прежде всего, играли термические условия в основании и перед краем ледникового покрова, особенности дренажа внутриледных и подледных вод, а также характер строения, литологические особенности и рельеф ледникового ложа.

Основным фактором являются термические условия, реконструированные под поозерским ледниковым щитом для максимальной стадии и начальной регрессивной лепельской (витебской) фазы в северной части Беларуси. По геологическим и геоморфологическим критериям здесь были установлены следующие концентрические зоны (от края в глубь ледникового щита): 1) внешняя зона базально-мерзлого льда, в которой водно-эрозионные ложбины не встречаются; 2) зона прерывистого мерзлого ложа, где сосредоточена преобладающая часть ложбин и 3) внутренняя зона талого ложа, в которой сформировались субгляциальные озера (рисунок 2). Ледниковая термическая зональность определяла возможность накопления подледных вод и образования озер во внутренней зоне талого ложа и их выхода в краевую зону через прерывистое мерзлое ложе, катастрофический характер выбросов по каналам, которые углубились и создали ложбины.

На их заложение влиял характер стока талых подледных и внутриледных вод. В зависимости от гляциологических, геологических и климатических условий изменялись местоположение, структура и взаимодействие дренажных систем, что сказалось на формировании различных видов субгляциальных ложбин. В максимум и в начале деградации оледенения под действием ледниковой нагрузки происходило отжимание талых вод через подледные водоносные горизонты в краевую и перигляциальную зоны.

Доказано (Piotrowski, 1999), что только $\frac{1}{4}$ талых вод могла дренироваться в краевую зону таким способом, а избыток талой воды в ложе ледника формирует подледные озера. Анализ данных бурения позволил выявить



1 – ложбины, 2 – подледные озера, 3 – супрагляциальные конусы выноса, озы и дельты в устьях подледных каналов, 4 – подледные озы, 5 – приледниковые водоемы, 6 – максимальная граница ледника, 7 – зона многолетней мерзлоты, 8 – базально-теплый лед, 9 – базально-холодный лед, 10 – мозаика базально-холодных и теплых условий

Рисунок 2 – Соотношение между подледными водно-эрозионными ложбинами и термическими условиями в ложе поозерского ледника

около 26 котловин подледных озер площадью от 17 до 184 км² и глубиной от 8 до 18 м в поозерском ледниковом горизонте, самые крупные из которых – Стречненское, Ветринское, Полоцкое и Добеевское. Воды этих озер находились под большим давлением. В области поозерского оледенения достаточно отчетливы взаимоотношения между субгляциальными озерами и сетью N-каналов, возникавших при спуске озер. Именно с N-каналами, которые врезались в ложе ледника, связано возникновение многих крупных ложбин. В краевой зоне ледника с поступлением талых наледных вод по трещинам и ледниковым мельницам в основание ледника объясняется формирование небольших ложбин.

Одним из главных факторов их появления является присутствие глинистых отложений с низкой водопроницаемостью в ложе ледника. Приуроченность к полям развития глинистых отложений отмечается в локализации

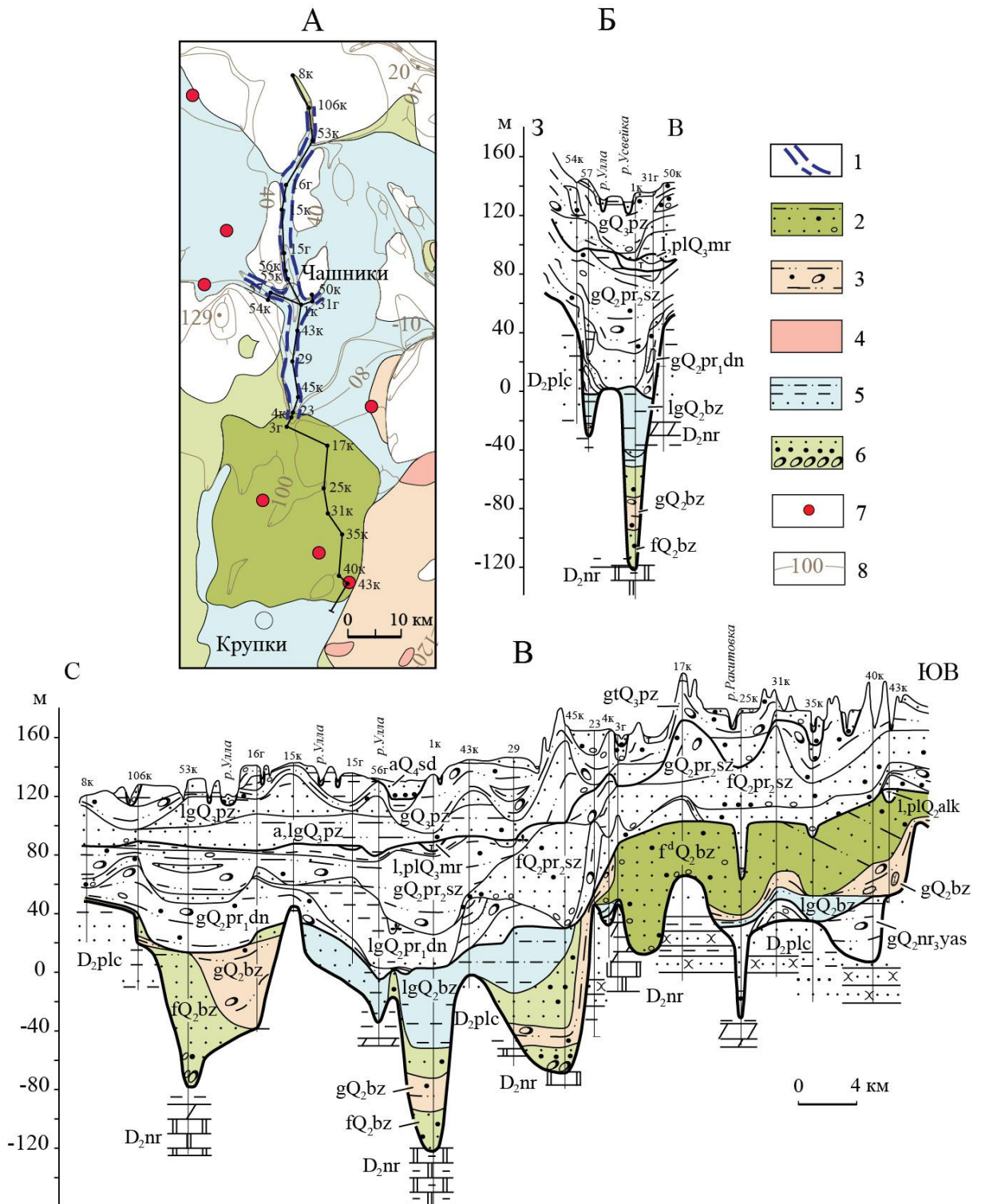
ложбин каждого оледенения. Однако ведущим этот фактор оказался для ложбин поозерского возраста. Преобладающие их число приурочено к районам развития глинистых пород (моренные суглинки, лимногляциальные глины сожского подгоризонта, подморенные лимногляциальные глины поозерского горизонта) мощностью от 20 до 40 м. На возникновение ложбин влияла их низкая водопроницаемость и способность дренировать только часть всех подледных вод, что создавало условия для накопления вод и последующих спусков, при которых образовывались ложбины.

Глубокие впадины контролировали образование подледных озер, а продольные понижения – концентрацию талых вод в подледные русла, врезаение и ориентировку водно-эрозионных ложбин. Активные разломы способствовали развитию ослабленных зон в скальных породах и благоприятствовали развитию эрозионных процессов и ложбин. Особенно способствовали этому разломы, ориентированные по движению ледника, обусловившие появление Чашникской, Поставской и Видзовской ложбин.

ГЛАВА 3 ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ГЕНЕРАЦИЙ ЛОЖБИН ЧЕТВЕРТИЧНОЙ ТОЛЩИ

По залеганию александрийских и муравинских межледниковых отложений, вскрытых многими скважинами на днище субгляциальных водно-эрозионных ложбин, можно заключить, что они относятся к березинской, припятской (сожской) и поозерской генерациям.

Ложбины березинской генерации тяготеют к экзарационной Полоцко-Чашникской низине березинского рельефа в центральной части Белорусского Поозерья, которая во время деградации оледенения становилась гляциодепрессией для ледниковой лопасти. К наиболее важным из них относятся Чашникская, Сенненская, Лепельская и Бешенковичская ложбины. В пределах гляциодепрессии они развиты в зафронтальной зоне лопасти вдоль систем активных разломов. Эти ложбины характеризуются изолированным положением, меридиональной и северо-западной ориентировкой, V-образным поперечным профилем, значительными размерами (до 0,5 км в ширину, 116–142 м в глубину), отчетливой выраженностью в березинской поверхности (рисунок 3). Они прорезают песчано-глинистые отложения верхнего девона, заглубляясь до карбонатных пород наровского надгоризонта. У основания ложбин залегают галечно-валунные, валунные и гравийные слои стремительных мощных потоков талых вод, их перекрывают мелкозернистые и разнозернистые пески. Поверх этих отложений мощностью от 18 до 85 м по днищу и склонам ложбин встречается основная морена. Отложения стремительных



А – ложбина в поверхности березинского горизонта, Б – поперечный разрез по линии дд. Проземля – Ольшанка Чашниковского района, В – продольный разрез по линии д. Репинщина Чашниковского района – д. Литвинка Крупского района.

1 – границы ложбины, 2 – отложения флювиогляциальной дельты березинского возраста, 3 – моренные, 4 – конечно-моренные, 5 – лимногляциальные, 6 – флювиогляциальные, 7 – скважины с александрийскими межледниковыми отложениями; 8 – изогипса рельефа

Рисунок 3 – Строение Чашниковской водно-эрозионной ложбины березинского возраста. Составлен с использованием материалов (Комаровский, 2009).

потоков талых вод образуют у их южного окончания мощные скопления гравийно-галечных слоев, гравелистых песков в виде крупных дельт и конусов выноса.

В отличие от березинских переуглублений, ложбины припятской (сожской) генерации развиты более широко. К ним относятся Видзовская, Поставская, Верхнедвинская, Чашникская и др. Они приурочены к южному краю Дисненского и Друйковского лопастных комплексов, где унаследуют дозожские понижения либо зоны активных разломов. Припятским (сожским) ложбинам свойственна связь с поясами краевых образований, северо-западная ориентировка, меньшие глубина вреза (60–111 м) и ширина (до 300 м), крутые, местами обрывистые склоны, отчетливое выражение в сожском рельефе. Ложбины прорезают приледниковые и более древние четвертичные отложения, местами углубляются до девонских и ордовикских пород. В их заполнении участвуют гравийно-галечно-валунные отложения, грубозернистые и разнозернистые пески, которые сверху перекрываются основной мореной. У дистального окончания каждой ложбины расположены флювиогляциальные дельты либо конусы выноса.

В поозерской генерации ложбины хотя и весьма многочисленны, однако по своим размерам и выразительности в рельефе уступают более древним врезам. К этой группе принадлежат Сорочанская, Должанская, система ложбин Долгое и Гиньковская, Вечельская, Соро и ряд мелких. Их распределение отчетливо подчиняется радиально-секторальной структуре и динамике поозерского ледника, что предопределило такие особенности ложбин, как приуроченность к крупным лопастным секторам Рижского и Чудского ледниковых потоков, встречаемость в краевом комплексе лепельской (витебской) фазы, развитие на площади Дисненской и Полоцкой лопастей. Поозерские водно-эрозионные ложбины отмечены в районах распространения глинистых отложений и зоне прерывистого мерзлого ложа. Этим структурам свойственны веерообразная упорядоченность, связь с субгляциальными озерами в пониженных внутренних районах гляциодепрессий, расположение против уклона поверхности, значительная протяженность (более 45 км) и глубина (до 75 м). Они врезаны в подстилающие более древние четвертичные отложения и только в самых глубоких местах прорезают их, достигая полоцкого горизонта среднего девона. В заполнении ложбин участвуют подледные флювиогляциальные, моренные и наледные водно-ледниковые отложения. Последние в их пределах образуют дельты, конусы выноса, озы, камы, камовые террасы.

ГЛАВА 4 ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ ПООЗЕРСКИХ ЛОЖБИН

По характеру заполнения, морфологии и особенностям происхождения выделены две разновидности: 1) ложбины быстрых спусков субгляциальных озер, 2) ложбины, возникшие в результате стока наледных вод.

Ложбины первого вида начинаются из районов развития субгляциальных озер внутренней зоны оледенения и простираются в краевую зону, где пересекаются цепочками конечно-моренных холмов. К ним отнесены Сорочанская, Долгое, Гиньковская, Вечельская, Соро и серия более мелких ложбин. Эти структуры имеют спрямленную и слабоизвилистую форму в плане, а некоторые, например, система Долгое и Гиньковская – разветвленную с рукавами. Они достигают 48 км в длину, 0,2–0,6 км в ширину и до 75 м в глубину. В поперечном сечении ложбины V-образные с крутизной склонов местами до 55°. Структурам этого вида свойственны неровный продольный профиль с котловинами, занятыми озерами, и поднятиями на межозерных перемычках, тенденция к значительному повышению отметок днища в дистальном направлении (более чем на 60 м).

У всех ложбин основание сложено окатанным галечно-валунным материалом, значительная часть разреза – слоистыми песчано-гравийно-галечными, галечно-валунными отложениями и разнозернистыми песками, а верхний интервал – песками крупнозернистыми и гравелистыми, с включением гальки, хорошо промытыми. Местами к верхам заполняющей толщи приурочены линзовидно- и косослоистые мелкозернистые пески и алевриты. Отложения подледных потоков сверху перекрыты основной мореной.

Возле южных окончаний ложбины сопровождают крупные супрагляциальные конусы выноса и дельты. В отложениях конусов выноса выделяются: проксимальная фация, расположенная у их дистального конца с преобладанием валунов; средняя фация, которую образуют песчано-гравийно-галечные слои, и дистальная фация разнозернистых песков. Весьма типичны две-три камовые террасы на склонах и гляциоинъктивные холмы на участках их пересечения конечными моренами. Среди описываемых врезов установлены ложбины одноразового спуска и ложбины, образовавшиеся в результате многократного спуска вод из субгляциальных озер. На склонах последних обнаружены подледные террасы.

Второй вид представлен относительно короткими (до 6 км), неглубокими (до 17 м) и узкими (до 300 м) ложбинами с извилистой формой в плане и пологой V-образной – в поперечном сечении. В группе врезов, возникших в результате стока наледных вод, состоят Должанская, Тухинская, Худовецкая, Веринская ложбины. Они относятся к омертвевшим ледниковым языкам и полям краевой зоны лепельской (витебской) фазы оледенения. Ложбинам свойственны связь с крупными камовыми массивами в бортах и у проксимального начала, наличие супрагляциальных конусов выноса, камов и озоз у их дистального окончания, понижение отметок днища в дистальном направлении. В заполняющей толще и конусах выноса залегают разнозернистые

пески. Валуны и галечники не характерны. Днище ложбин выполнено основной мореной.

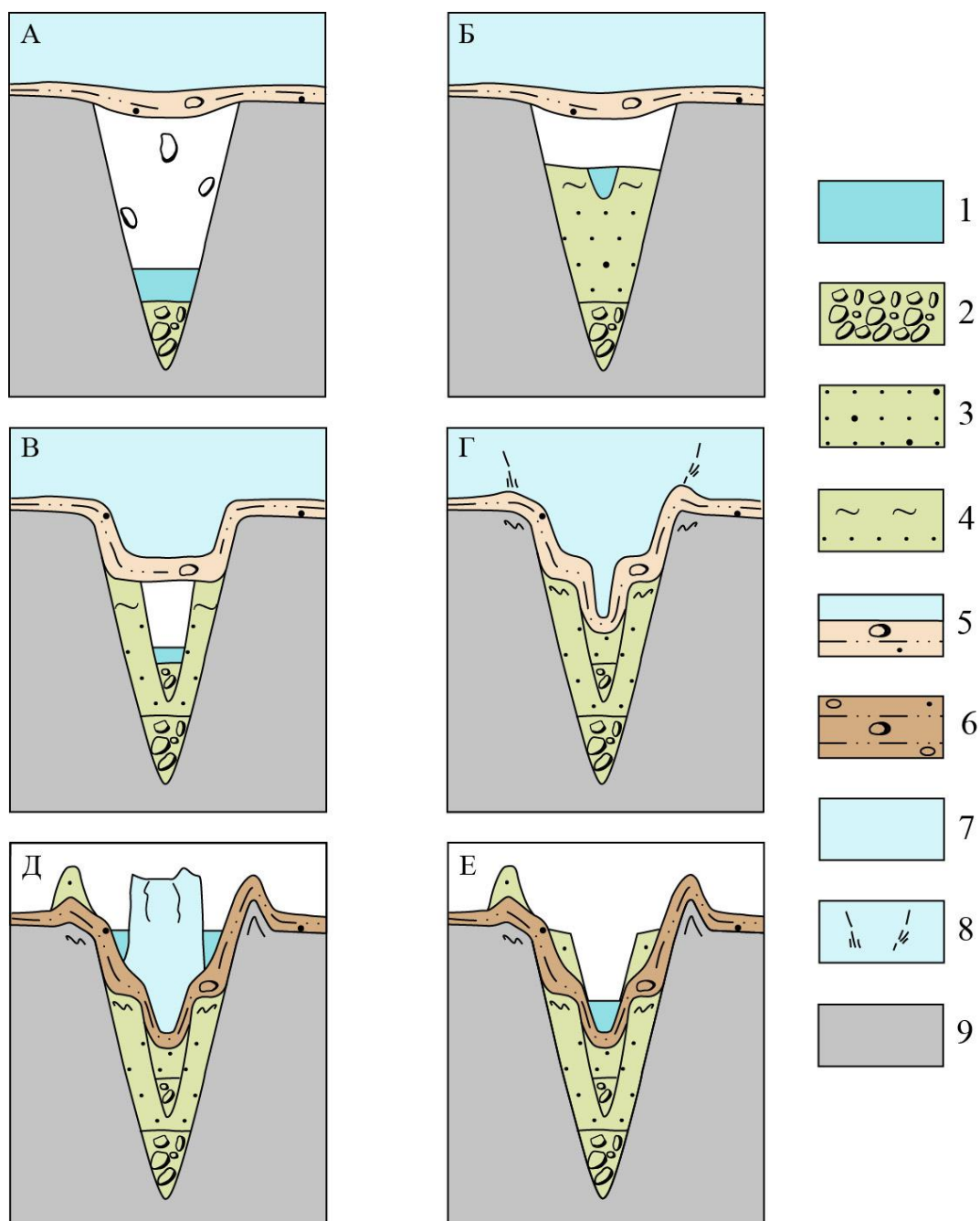
ГЛАВА 5 ФОРМИРОВАНИЕ ЛОЖБИН И ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

В течение оледенения в ложе ледника, внутри и на его поверхности возникали талые воды. В фазу стагнации талые подледные воды, накапливавшиеся в зоне базально теплого льда в озерах под высоким гидростатическим давлением, были способны в определенных условиях разорвать перекрывающий лед и в бурных потоках по подледным каналам размыть породы ложа и создать глубокие водно-эрозионные ложбины. Места их зарождения предопределялись, главным образом, развитием глинистых пород, присутствием прерывистого мерзлого ложа и зоны базально-мерзлого ложа вдоль края ледника. Направление подледных каналов и движения талых вод по ним контролировалось понижениями ложа, разломными зонами и гидравлическим градиентом, который определялся наклоном поверхности ледника.

В развитии ложбин быстрых спусков субгляциальных озер выделено пять основных этапов: 1) врезания и расширения подледного канала в зоне прерывистого мерзлого ложа (максимум оледенения – начало деградации); 2) аккумуляции и заполнения отложениями потоков талых подледных вод; 3) формирования подледных террас на склонах (осцилляции этапа деградации оледенения); 4) заполнения льдом и моренными отложениями; 5) вытаивания льда и преобразования гляцио тектоническими и гляциокарстовыми процессами (стагнация ледника) (рисунок 4).

Ложбины спуска наледных вод обуславливались эрозией потоков талых ледниковых вод на заключительном этапе жизни ледникового покрова при таянии мертвого льда. Они зарождались, когда талые ледниковые воды объединялись в супрагляциальные потоки и озера, которые при внезапных спусках через трещины и ледниковые мельницы попадали в основание ледника и размывали ложбины. Их формирование сопровождалось зарождением флювиогляциальных конусов выноса в устье потоков, аккумуляцией водно-ледникового материала на их дне, последовавшими за этим событиями заполнения льдом и перекрытия покровом основной морены, внедрением моренного материала в перекрывающие слои. Завершилось оно оформлением окончательного облика ложбин вытаиванием мертвого льда и преобразованием склонов камовыми массивами, отдельными камами, озами и возникновением на дне гляциокарстовых озер.

С субгляциальными водно-эрозионными ложбинами связаны месторождения пресных подземных вод, песчано-гравийной смеси, строительных



Стадии: А – врезания и расширения канала, Б – аккумуляции, В – формирования подледных террас, Г – заполнения льдом и основной мореной, Д и Е – вытаивания льда и преобразования гляциотектоническими и гляциокарстовыми процессами;

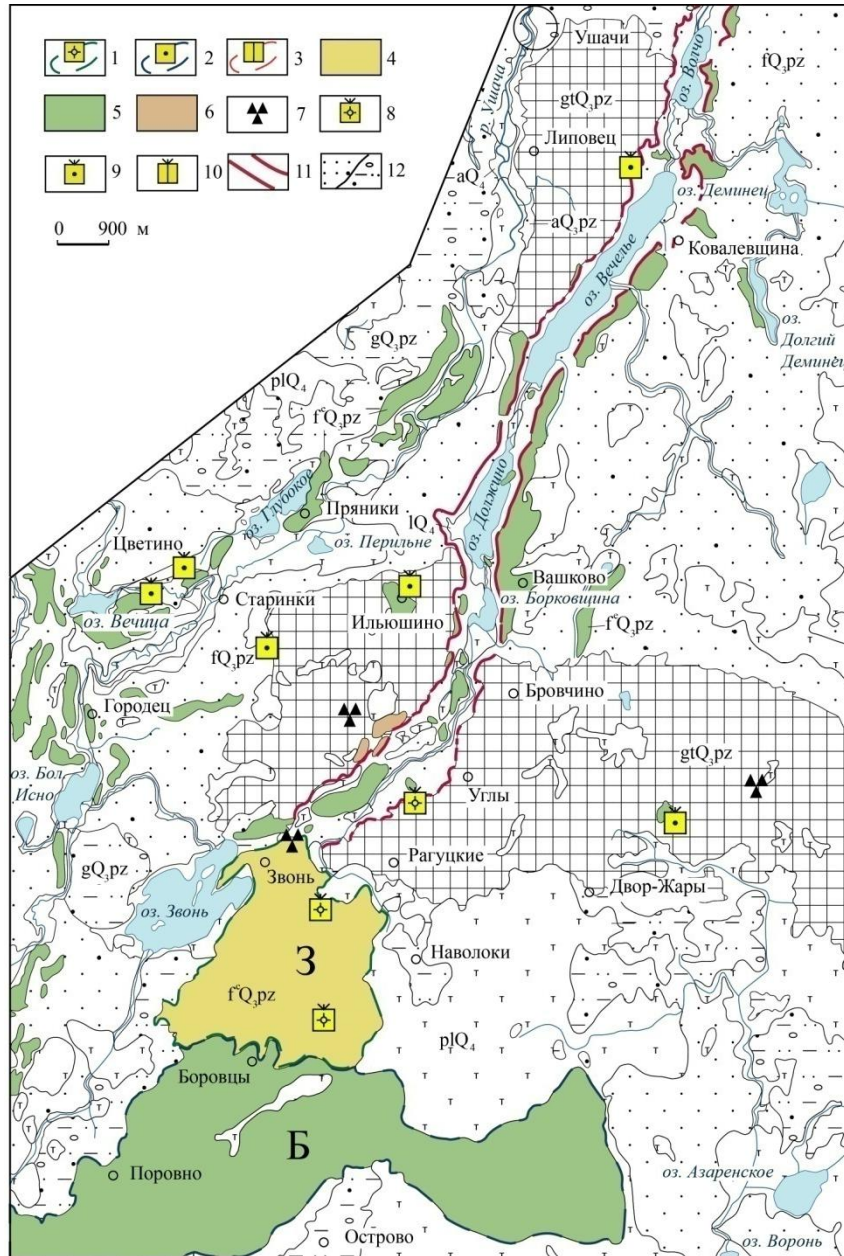
1 – талые ледниковые воды, 2–4 – флювиогляциальные отложения,
5 – моренонасыщенный лед, 6 – основная морена, 7 – лед, 8 – трещины во льду,
9 – отложения ледникового ложа

Рисунок 4 – Стадии формирования ложбин быстрых спусков

песков и глинистых пород и др. Распределение месторождений полезных ископаемых контролируется особенностями геологического строения ложбин.

Анализ гидрогеологических условий в их пределах показывает, что оптимальный вариант для поисков подземных вод представляют месторожде-

ния в ложбинах припятской (сожской) и поозерской генераций. Для песчано-гравийной смеси установлено, что ее скопления локализируются в проксимальной и средней зонах флювиогляциальных конусов выноса на незначительном удалении от южных окончаний ложбин (рисунок 5). Для строительных песков выявлена приуроченность к дистальной фации флювиогляциальных



Перспективные площади: 1 – песчано-гравийной смеси (3 – участок Звонь), 2 – строительного песка (Б – участок Боровцы), 3 – глинистого сырья; предполагаемые площади: 4 – песчано-гравийной смеси, 5 – строительного песка, 6 – глинистого сырья; 7 – скоплений валунов; разрабатываемые месторождения: 8 – песчано-гравийной смеси, 9 – строительного песка, 10 – глинистого сырья; 11 – граница ложбины; 12 – геолого-литологическая основа

Рисунок 5 – Прогнозная карта на минеральные строительные материалы Вечельской ложбины

конусов выноса, камовым массивам и террасам. Для глинистого сырья обнаружена наибольшая перспективность моренных суглинков гляциоинъективных валов и моренных холмов в днище и на бортах этих структур.

На основании установленных связей вышеуказанных видов сырья с генетическими типами отложений составлены прогнозные карты площадей полезных ископаемых Долгое, Гиньковская, Вечельской и Должанской ложбин, в которых выделено три перспективных участка на песчано-гравийную смесь, три участка на строительный песок и один – на глины и суглинки. Эти данные переданы в Государственное предприятие «НПЦ по геологии» для учета при постановке поисковых работ на стройматериалы и подземные воды и проведения геологической съемки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации. В процессе изучения субгляциальных водно-эрозионных ложбин на территории Белорусского Поозерья получены следующие научные результаты.

1. Субгляциальные водно-эрозионные ложбины широко развиты в области Белорусского Поозерья, покрывавшейся последним в плейстоцене ледником, и в других регионах древнематерикового и современного оледенения. От ложбин иных типов эти формы отличаются характером местоположения, строением, выраженностью в рельефе и условиями формирования [4; 7].

2. В локализации ложбин Белорусского Поозерья обнаруживается тесная связь с термическими условиями и литологическими особенностями подледникового субстрата. При этом большинство структур приходится на зоны прерывистого мерзлого ложа под краевой зоной ледника, на участки развития мощных глинистых отложений. Многолетнемерзлые и глинистые отложения препятствовали стоку подледных вод к краю ледника и определяли возможность их накопления и образования субгляциальных озер во внутренней зоне талого ложа, при спуске которых образовались ложбины. Они часто размещаются вдоль продольно вытянутых понижений и активных разломных зон [2–4; 14; 16; 18; 19].

3. По наличию межледниковых отложений, залегающих в ложбинах, установлены березинская, припятская (сожская) и поозерская региональные генерации. Ложбины березинского возраста отличаются меридиональным простиранием, максимальной шириной и глубиной, обособленным расположением в низах четвертичной толщи и на поверхности коренных пород. Ложбины припятской (сожской) генерации характеризуются северо-западным и субмеридиональным простиранием, большей плотностью расположения и меньшей глубиной, врезом в сожские и более древние отложения.

Ложбинам поозерской генерации свойственно более широкое распространение, минимальные размеры и меньшая выраженность в рельефе [1; 5; 7–10; 12].

4. В зависимости от динамики процессов субгляциальной водно-ледниковой эрозии и базальных термических условий появились ложбины, созданные быстрыми спусками подледных озер, и ложбины, возникшие в результате стока наледных вод. Ложбины первого вида выступают как наиболее крупные и глубокие формы с подледными террасами и обширными конусами выноса, заполненные грубообломочным и песчаным материалом. Второй вид представлен относительно короткими, неглубокими и узкими структурами с извилистой формой, для которых характерны преимущественно пески в заполнении и связь с супрагляциальными камовыми массивами, камами и озами [4; 17; 19].

5. Подледные потоки талых вод в определенных условиях могли создавать глубокие водно-эрозионные ложбины. Важную роль при этом играли не только гидравлический градиент на пути движения вод к краю ледника, но и высокое гидростатическое давление. Для их возникновения было достаточно гидростатического давления, превышавшего прочность льда на разрыв. На характер ложбин в определенной мере влияли термические условия в ложе и характер отступления ледника. При прерывистом развитии многолетнемерзлых пород и отступании ледника проявлялись выбросы с большим расходом вод из субгляциальных озер зоны талого ложа по подледным туннелям, и возникали крупные ложбины. На заключительном этапе жизни ледникового покрова в условиях таяния мертвого льда и талого ложа чаще имели место более спокойные подледные потоки при спуске наледных и внутриледных вод, в которых зарождались мелкие ложбины [4; 17; 19].

6. Формирование ложбин быстрых спусков субгляциальных озер включало пять основных стадий: 1) заложения и расширения подледного канала в зоне прерывистого мерзлого ложа (начало деградации оледенения); 2) активной аккумуляции и заполнения отложениями потоков талых вод; 3) формирования подледных террас (в осцилляции этапа деградации); 4) заполнения льдом и моренными отложениями; 5) вытаявания льда и преобразования гляциотектоническими и гляциокарстовыми процессами (стагнация ледника). Образование подледных террас отмечалось в ложбинах и на отдельных участках, не заполнявшихся льдом, где сохранялись высокое давление вод и связь с субгляциальными озерами, и нередко сопровождалось появлением и ростом латеральных ответвлений – каналов с конусами выноса, либо камами и озами у дистальных окончаний. Все крупные ложбины созданы комбинацией двух-трех и более процессов (водно-ледниковая эрозия и

аккумуляция, ледниковое выдавливание) и имеют полигенетическое происхождение [2; 4; 13; 17; 19].

7. Ложбины спуска наледных вод сформированы эрозией их потоков на заключительном этапе жизни ледникового покрова в обстановке таяния мертвого льда. Ложбины зародились, когда талые воды объединялись в супрагляциальные потоки и озера, которые при спусках через трещины и ледниковые мельницы попадали в основание ледника. Поскольку движение воды осуществлялось в условиях свободной разгрузки и невысокого гидродинамического давления потоков, происходили менее интенсивная эрозия и вынос песчаного материала к дистальному краю массива мертвого льда. Это явление сопровождалось формированием небольших ложбин. Процесс формирования ложбин спуска наледных вод включал три стадии: 1) появления ложбины в ледниковом ложе; 2) заполнения отложениями потоков талых вод; 3) обрушения ледникового свода и перекрытия ложбины покровом основной морены, камовыми и озовыми отложениями [2; 4; 15; 17; 19].

Рекомендации по практическому использованию результатов. Выявленные особенности распространения, строения и формирования изученных ложбин позволили понять закономерности локализации месторождений строительных материалов и пресных подземных вод и дать следующие рекомендации по их поискам.

Методика поисков и разведки полезных ископаемых в ложбинах должна строиться с учетом закономерностей распространения, условий залегания и строения конкретного минерального сырья. Наибольший интерес представляют ложбины быстрых спусков, так как содержащиеся в них полезные ископаемые отличаются значительными запасами, благоприятными условиями залегания. При поисках пресных подземных вод следует учитывать, что крупные запасы формируются в структурах березинского, припятского (сожского) и поозерского возраста в наиболее глубоких участках, выполненных флювиогляциальными отложениями. При разведке таких месторождений водозаборные скважины располагаются вдоль тальвега с учетом глубины залегания водоносных отложений, их узкой линейной формы в плане, V-образного сужения книзу и различной степени защищенности от поверхностного загрязнения. Для поисков песчано-гравийной смеси, строительных песков и валунов целесообразнее рассматривать флювиогляциальные конусы выноса у дистальных окончаний ложбин. Следует учитывать зональность фаций отложений конусов выноса, уменьшение содержания грубообломочного материала по мере удаления от места выхода подледного канала. Важное прикладное значение также будут иметь залежи глинистого сырья, связанные с крупными гляциоинъективными валами и холмами на днище и у бортов ложбин [6].

При крупно- и среднемасштабном картировании важно учитывать морфогенетический вид ложбин, их размеры, ориентировку, соотношение с прогляциальными, супрагляциальными и конечно-моренными формами, гляциодислокациями [11].

Ряд рекомендаций автора по использованию материалов изучения ложбин Белорусского Поозерья при производстве геолого-съёмочных работ и поисках полезных ископаемых в настоящее время реализуется филиалом «Белорусская комплексная геологоразведочная экспедиция» Государственного предприятия «НПЦ по геологии» (два акта о внедрении от 16.11.2022), а также в учебном процессе при подготовке студентов по специальности «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» (акты о внедрении №2.4/302 и №2.4/303 от 17.10.2022).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ **Статьи в научных рецензируемых журналах, соответствующих** **требованиям ВАК**

1. Комаровский, М. Е. Движение льдов припятского и поозерского оледенений на западе Беларуси / М. Е. Комаровский, Е. В. Хилькевич // Літасфера. – 2015. – № 1 (42). – С. 71–80.

2. Комаровский, М. Е. Происхождение и развитие перигляциальной долины Пышки в пределах Гродненской возвышенности / М. Е. Комаровский, Е. В. Хилькевич // Літасфера. – 2016. – № 2 (45). – С. 69–84.

3. Комаровский, М. Е. Соотношение между ледниковыми ложбинами и активными разломами на территории Беларуси / М. Е. Комаровский, Е. В. Хилькевич // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. – 2018. – № 2. – С. 106–117.

4. Комаровский, М. Е. Влияние термических условий в ложе последнего ледникового покрова на распределение ледниковых ложбин Белорусского Поозерья / М. Е. Комаровский, Е. В. Хилькевич // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. – 2022. – № 1. – С. 101–115.

Материалы научных конференций

5. Хилькевич, Е. В. Сравнительная характеристика грубообломочного материала разновозрастных морен Балтийского ледникового потока / Е. В. Хилькевич // Актуальные проблемы геологии и поисков месторождений полезных ископаемых: материалы V Университетских геологических чтений, Минск, 8–9 апр. 2011 г. / БГУ ; редкол.: В. П. Самодуров [и др.]. – Минск, 2011. – С. 82–84.

6. Хилькевич, Е. В. Закономерности гляциоструктуры территории Белорусского Поозерья в связи с прогнозированием месторождений полезных ископаемых / Е. В. Хилькевич, М. Е. Комаровский // Проблемы недропользо-

вания. Международный форум-конкурс молодых ученых : сборник научных трудов. – СПб., 2011. – Ч. I. – С. 18–20.

7. Комаровский, М. Е. Субгляциальные водно-эрозионные ложбины в Белорусском Поозерье / М. Е. Комаровский, Е. В. Хилькевич // Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований : материалы VII Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Геологический ин-т КНЦ РАН, г. Апатиты, 12–17 сент. 2011 г. / Рос. акад. наук, Отд. наук о Земле, Комиссия по изуч. четвертич. периода, Геологический ин-т КНЦ РАН ; ред. О.П. Корсакова, В.В. Колька. – Апатиты, 2011. – Т.1 (А–К). – С. 285–287.

8. Комаровский, М. Е. Гляциоструктурные особенности краевых ледниковых образований Белорусского Поозерья / М. Е. Комаровский, Е. В. Хилькевич // Инновации в геологии и освоении недр: материалы VI Университетских геологических чтений, Минск, 6–7 апр. 2012 г. / БГУ ; редкол.: В. Н. Губин [и др.]. – Минск, 2012. – С. 36–40.

9. Хилькевич, Е. В. Изменение петрографического состава разновозрастных морен по трассе Балтийского ледникового потока / Е. В. Хилькевич, М. Е. Комаровский // Геологическая наука и инновации: материалы научно-практической конференции, посвященной 85-летию Республиканского унитарного предприятия «Белорусский научно-исследовательский геологоразведочный институт», Минск, 14–16 ноября 2012 г. / БЕЛНИГРИ / под ред. А. М. Ковхуто. – Минск, 2012. – С. 170–173.

10. Khilkevich, K. Special features of petrographic composition of uneven-aged moraines along Baltic glacial stream route in Western Belarus / K. Khilkevich, M. Komarovsky // Palaeolandscapes from Saalian to Weichselian, South Eastern Lithuania: abstracts of International Field Symposium, Vilnius–Trakai, June 25–30, 2013. – Vilnius–Trakai, 2013. – P. 45–47.

11. Хилькевич, Е. В. Инженерно-геологические условия ледниковых ложбин Беларуси / Е. В. Хилькевич // Актуальные вопросы инженерной геологии, гидрогеологии и рационального недропользования : материалы IX Университетских геол. чтений, Минск, 3 апр. 2015 г., Минск / В. И. Зуй (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2015. – С. 151–153 с.

12. Komarovsky, M. Ice-flow direction movements of the Pripyat and Poозerye glaciations within Western Belarus / M. Komarovsky, K. Khilkevich // Актуальные вопросы инженерной геологии, гидрогеологии и рационального недропользования : материалы IX Университетских геол. чтений, Минск, 3 апр. 2015 г. / В. И. Зуй (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2015. – С. 168–170.

13. Комаровский, М. Е. Ледниковые ложбины Беларуси и их морфогенетическая классификация / М. Е. Комаровский, Е. В. Хилькевич // Фунда-

ментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований : Материалы IX Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода, г. Иркутск, 15–20 сент. 2015 г. / Институт географии им. В.Б. Сочавы, РАН. – Иркутск, 2015. – С. 230–232.

14. Комаровский, М. Е. Морфология и происхождение перигляциальных водно-эрозионных долин восточного склона Ратичского массива Гродненской возвышенности / М. Е. Комаровский, Е. В. Хилькевич // Современные проблемы геологического картирования (Contemporary Problems of Geological Mapping) : материалы X Университетских геологических чтений, Минск, 14–15 апр. 2016 г. / БГУ ; отв. ред. В. И. Зуй. – Минск, 2016. – С. 78–81.

15. Хилькевич, Е. В. О структуре и природе ложбины Должа (северо-западная Беларусь) / Е. В. Хилькевич // Современные проблемы геохимии, геологии и поисков месторождений полезных ископаемых : материалы международной научной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика К. И. Лукашева, Минск, 23–25 мая 2017 г. / Отв. ред. О. В. Лукашев: в 2 ч. – Минск, 2017. – С. 122–124.

16. Комаровский, М. Е. Связь ледниковых ложбин с активными разломами на территории Беларуси / М. Е. Комаровский, Е. В. Хилькевич // Проблемы геологии Беларуси и смежных территорий: материалы международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика НАН Беларуси А.С. Махнач, Минск, 21–22 ноября 2018 г. / Институт природопользования НАН Беларуси ; ред. А. А. Махнач [и др.] – Минск, 2018. – С. 73–75.

17. Хилькевич, Е. В. Влияние талых ледниковых вод на формирование ложбин на территории Белорусского Поозерья / Е. В. Хилькевич // Проблемы региональной геологии запада Восточно-Европейской платформы и смежных территорий: материалы I Международной научной конференции, Минск, 10–12 апр. 2019 г. / Белорус. гос. ун-т ; ред.: О. В. Лукашев. – Минск, 2020. – С. 257–261.

18. Хилькевич, Е. В. Влияние литологии ледникового субстрата на заложение подледных водно-эрозионных ложбин на территории Белорусского Поозерья / Е. В. Хилькевич // Геологический Международный Студенческий Саммит: сборник материалов, Санкт-Петербург, 9 апр. 2022 г. / Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле. – Санкт-Петербург, 2022. – С. 60–64.

Тезисы докладов конференций

19. Хилькевич, Е. В. Талые ледниковые воды и их роль в формировании ложбин на территории Белорусского Поозерья / Е. В. Хилькевич // Всероссийская молодежная геологическая конференция памяти В. А. Глебовицкого: сб. тезисов докладов всероссийской молодежной геологической конференции памяти В. А. Глебовицкого. – СПб., 2020. – С. 199–202.

РЕЗЮМЕ**Хилькевич Екатерина Викторовна****Геологическое строение, морфология и формирование субгляциальных водно-эрозионных ложбин Белорусского Поозерья в квартере**

Ключевые слова: субгляциальные водно-эрозионные ложбины, термический режим, субгляциальные озера, флювиогляциальные отложения, Белорусское Поозерье, квартал, полезные ископаемые.

Цель работы: изучить основные особенности геологического строения, морфологии и формирования субгляциальных водно-эрозионных ложбин Белорусского Поозерья в квартере.

Методы исследования: комплекс геологических (структурно-геологический анализ, литолого-генетической увязки, анализ мощностей, геологическое картирование), литологических (литолого-фациальный, текстурный, петрографический анализы), геоморфологических (анализ разновозрастных поверхностей, полевое профилирование, морфографический) и специальных (биостратиграфической корреляции, сопряженный анализ) методов.

Полученные результаты и их новизна: Работа представляет собой первое комплексное исследование геологического строения, морфологии и процессов формирования субгляциальных водно-эрозионных ложбин в Беларуси. Доказана связь их локализации с районами развития глинистых пород и зонами прерывистого мерзлого и базально-мерзлого ложа вдоль края ледника. Установлены и охарактеризованы генерации ложбин березинского, припятского (сожского) и поозерского возраста. Детализирована классификация субгляциальных водно-эрозионных ложбин, обосновано выделение среди них ложбин быстрых спусков подледных озер и ложбин, возникших при стоке наледных талых вод. Дано объяснение морфогенезу разных их видов. Установлены закономерности локализации основных видов минерального строительного сырья и пресных подземных вод среди отложений этих структур.

Степень использования: результаты исследования приняты к использованию при проведении геолого-съемочных и поисково-оценочных работ на строительные полезные ископаемые филиалом «Белорусская комплексная геологоразведочная экспедиция» Государственного предприятия «НПЦ по геологии» и в образовательном процессе БГУ.

Область применения: четвертичная геология, геоморфология, поиск и разведка месторождений полезных ископаемых, геологическая, гидрогеологическая и инженерно-геологическая съемки.

РЭЗІЮМЭ

Хількевіч Кацярына Віктараўна

Геалагічная будова, марфалогія і фарміраванне субгляцыяльных водна-эразійных лагчын Беларускага Паазер'я ў квартэры

Ключавыя словы: субгляцыяльныя водна-эразійныя лагчыны, тэрмічны рэжым, падлёдныя азёры, флювіягляцыяльныя адклады, Беларускае Паазер'е, чацвярцічныя адклады, квартэр, карысныя выкапні.

Мэта працы: вывучыць асноўныя асаблівасці геалагічнай будовы, марфалогіі і фарміравання падлёдных водна-эразійных лагчын Беларускага Паазер'я ў квартэры.

Метады даследавання: комплекс геалагічных (структурна-геалагічны аналіз, літолага-генетычнай увязкі, аналіз магутнасцей, геалагічнае карціраванне), літалагічных (літолага-фацыяльны, тэкстурны, петраграфічны аналізы), геамарфалагічных (аналіз рознаўзроставых паверхняў, палявое прафіляванне, марфаграфічны) і спецыяльных (біястратыграфічнай карэляцыі, спалучальны аналіз) метадаў.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: Праца ўяўляе сабой першае комплекснае даследаванне геалагічнай будовы, марфалогіі і працэсаў фарміравання падлёдных водна-эразійных лагчын у Беларусі. Даказана сувязь іх лакалізацыі з раёнамі развіцця гліністых парод і зонамі перарывістага мерзлага і базальна-мёрзлага ложа ўздоўж краю ледавіка. Устаноўлены і ахарактарызаваны генерацыі лагчын бярэзінскага, прыпяцкага (сожскага) і паазерскага ўзросту. Дэталізавана класіфікацыя субгляцыяльных водна-эразійных лагчын, абгрунтавана вылучэнне сярод іх лагчын хуткіх спускаў падлёдных азёр і лагчын, якія ўзніклі пры сцёку налёдных талых вод. Дадзена тлумачэнне морфагенезу розных іх відаў. Устаноўлены заканамернасці лакалізацыі асноўных відаў мінеральнай будаўнічай сыравіны і прэсных падземных вод сярод адкладаў гэтых структур.

Ступень выкарыстання: вынікі даследавання прыняты да выкарыстання пры правядзенні геолога-здымачных і пошукава-ацэначных работ на будаўнічыя карысныя выкапні філіялам "Беларуская комплексная геолога-разведачная экспедыцыя" Дзяржаўнага прадпрыемства "НПЦ па геалогіі" і ў адукацыйным працэсе БДУ.

Галіна прымянення: чацвярцічная геалогія, геамарфалогія, пошук і разведка радовішчаў карысных выкапняў, геалагічная, гідрагеалагічная і інжынерна-геалагічная здымкі.

ABSTRACT**Khilkevich Ekaterina Viktorovna****Geological structure, morphology and formation of subglacial water-erosion hollows of the Belarusian Poozerie area in Quaternary**

Key words: subglacial water-erosion hollows, thermal regime, subglacial lakes, fluvio-glacial deposits, Belarusian Poozerie, Quaternary deposits, minerals.

Work objective: to study the main features of the geological structure, morphology and formation of subglacial water-erosion hollows of the Belarusian Poozerie area in Quaternary

Research methods: a complex of geological (structural-geological analysis, lithological-genetic linking, thickness analysis, geological mapping), lithological (lithofacies, textural, petrographic analyses), geomorphological (analysis of different age surfaces, field profiling, morphographic) and special (biostratigraphic correlation, conjugate analysis) methods.

Results received and their novelty: The work represents the first comprehensive study of the geological structure, morphology and formation of subglacial water-erosion hollows (tunnel valleys) in Belarus. The relationship between the localization of hollows and areas of development of clayey rocks and zones of discontinuous frozen and basal-frozen bed along the edge of the glacier has been proved. The generations of hollows of Berezina, Sozh and Poozerie age were established and characterized. The classification of subglacial water-erosion hollows is detailed, and the identification of hollows of rapid descents of subglacial lakes and hollows that arose during the runoff of supraglacial waters is substantiated. The regularities of localization of the main types of mineral building materials and groundwater among deposits of the hollows are established.

Efficiency: the results of the study were accepted for geological prospecting and evaluation works for minerals by the branch «Belarusian Integrated Geological Exploration Expedition» of the State Enterprise «SPC for Geology» and in the educational process of the BSU.

Fields of application: Quaternary geology, geomorphology, prospecting and exploration of mineral deposits, geological, hydrogeological and engineering-geological surveys.

Подписано в печать 25.09.2023.
Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 1,45. Тираж 60 экз. Заказ № 330.

ФТИ НАН Беларуси.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий №2/12 от 21.11.2013.
220084, ул. Академика Купревича, 10, г. Минск