

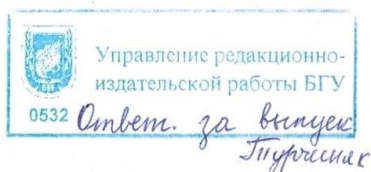
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ГЕОГРАФИИ И ГЕОИНФОРМАТИКИ
Кафедра региональной геологии

Д. Л. Творонович-Севрук

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

Конспект лекций
для магистрантов специальности 1-51 80 04
«Общая и региональная геология»

МИНСК
2021



УДК 551.1/.4(476)(075.8)
ББК 26.32(4Бен)я73-2
Т28

Рекомендовано
учебно-методической комиссией
факультета географии и геоинформатики БГУ
23 декабря 2020 г., протокол № 4

Рецензент
кандидат географических наук *Н. Ю. Денисова*

Творонович-Севрук, Д. Л.
Т28 Геодинамические исследования Припятского прогиба : конспект лекций / Д. Л. Творонович-Севрук. – Минск : БГУ, 2021. – 56 с.

Конспект лекций предназначен для магистрантов специальности 1-51 80 04 «Общая и региональная геология», раскрывает особенности изучения и протекания геодинамических процессов на территории Припятского прогиба на протяжении истории геологического развития региона, а также особенности накопления месторождений полезных ископаемых. В издании собраны и систематизированы материалы по отдельному научному направлению региональной геологии Беларуси – «Геодинамические исследования Припятского прогиба».

УДК 551.1/.4(476)(075.8)
ББК 26.32(4Бен)я73-2

Оглавление

Введение	6
Структура и содержание курса «Геодинамические исследования Припятского прогиба»...	8
Геодинамические исследования Припятского прогиба, её изучение и современное состояние, геодинамические реконструкции геодинамики Припятского прогиба	8
Теоретические основы геодинамических исследований Припятского прогиба	10
Общие понятия, терминология	11
Эндогенные, экзогенные и техногенные геодинамические процессы Припятского прогиба	12
Современные инновационные технологии изучения и использования недр Республики Беларусь	13
Инновационное развитие геологоразведочной отрасли Беларуси в 2011-2017 гг. в контексте геодинамических исследований Припятского прогиба.....	13
Связь геодинамики с неотектоникой, геофизикой, динамической геологией, другими геологическими дисциплинами	14
Методы исследований геодинамики Припятского прогиба	14
Мониторинг процессов деформации земной поверхности на основе высокоточных методов дифференциальной спутниковой интерферометрии.....	15
Опыт индикации геодинамически активных зон эманационным методом	15
Возможности мониторинга геодинамических процессов на основе GPS-измерений на сверхдлинных линиях	16
Проблемы опережающих исследований и научного сопровождения нефтегазописковых работ в Беларуси	16
Неотектонические исследования территории Беларуси: современное состояние и перспективы развития	16
Вопросы неотектоники на факультете географии и геоинформатики БГУ	17
Изучение современных вертикальных движений земной коры с помощью инновационных технологий.....	17
Тектонофизический мониторинг Беларуси.....	18
Методы количественной литологии для корреляции разрезов и изучения рудных тел.....	18
Пространственное моделирование геоэкологических факторов.....	19
Аппаратно-программный комплекс геологических данных в системе геоинформационных технологий.....	20
GPS и глобальная геодинамика. Геодинамические реконструкции старобинской центриклинали Припятского прогиба на основе космических методов. Результаты спутниковых наблюдений на геодинамических реперах Краснослободского рудника	21
Гляциотектоническая основа поисков полезных ископаемых.....	23
О буровой изученности девонских отложений Северо-Припятского плеча в связи с перспективами поисков полезных ископаемых	23
Космотектоническая карта Беларуси. Концепция создания Космотектонической карты Беларуси	23

Разломы литосферы и экологическое картирование Беларуси	24
Прогнозирование нефтеносных структур в пределах Гировской площади Припятского прогиба по данным сейсморазведки	25
Геодинамика областей, смежных с Припятским прогибом	25
Геолого-геофизическая модель зоны сочленения Сарматии и Волго-Уралии.....	25
Структурно-геодинамическая зональность Запада Восточно-Европейской платформы	27
О влиянии неотектонических и гляциотектонических процессов на формирование толщи плейстоценовых отложений и рельефа Беларуси и Польши	29
О строении Центрально-Белорусской сутурной зоны	29
Влияние неотектонических процессов на развитие древнематериковых оледенений в Белорусском регионе	31
Современные движения земной коры на территории Беларуси	31
Геодинамика Припятского прогиба	32
Герцинская геодинамика Припятского прогиба	32
Геодинамика рифтового седиментогенеза в Припятском прогибе	32
Палеогеодинамика девонского магматизма Припятско-Днепровско-Донецкой рифтовой зоны (в контексте развития Припятского прогиба)	33
Новейшая активность и флюидодинамика глубинных разломов Припятского прогиба	34
Геодинамика и перспективы нефтегазоносности северного сегмента Полесской кольцевой структуры.....	34
Геодинамика Старобинского месторождения калийных солей	35
Газодинамические явления на месторождениях калийных солей	35
Блуждающие рассолы соляных месторождений.....	36
Изменение фильтрационных характеристик пород-коллекторов при снижении пластового давления на залежах нефти Припятского прогиба	36
К проблеме определения мест локализации остаточных запасов нефти межсолевой залежи Осташковичского месторождения	37
Инженерно-геологические проблемы объектов нефтедобывающей промышленности в Гомельской области Беларуси.....	37
Сопряженный анализ осадочного выполнения и развития тектонических структур в период формирования калиеносной субформации в центральной зоне Припятского палеорифта.....	38
О связи геодинамического режима и минерагенической специализации Припятского прогиба	38
Неогеодинамические закономерности радионуклидного загрязнения Слигорского горнопромышленного района	39
Тепловое поле Беларуси.....	40
Тепловое поле Припятского прогиба. Геотермия подземной гидросферы Припятского прогиба	40
Тектонические явления Припятского прогиба	41
Новейшие геодинамические явления Припятского прогиба.....	41

Новейшая тектоника и геодинамика Припятского прогиба	41
Роль соленосных формаций и соляной тектоники в формировании структуры месторождений полезных ископаемых платформенного чехла Припятского прогиба	42
Соляная тектоника Припятского прогиба	43
Сейсмогенерирующие структуры и зоны возникновения очагов землетрясений на территории Беларуси.....	43
Сейсмическая активность и проблемы сейсмотектоники Припятского прогиба	44
Проявление сейсмичности в северо-западной части Припятского прогиба в контексте техногенной сейсмичности при разработке калийных месторождений	44
Заключение	45
Список литературы	46

Введение

Геодинамические исследования Припятского прогиба является разделом геологии, описывающим причины и особенности протекания геологических процессов в недрах Земли во всех её оболочках в контексте развития нашей планеты со временем. Данная наука фактически изучает как случайные, так и системные геологические процессы и их проявления.

Рассматриваемая дисциплина расположена на стыке геологии, геофизики, геохимии и др. наук естественного цикла. В настоящее время внутри геодинамики активно развивается много направлений, в частности – изучения регионов в контексте развития смежных геологических структур. В Беларуси особый интерес представляют геодинамические процессы и следы их проявления и происходящие в пределах Припятского прогиба – древнего авлакогена, протяжённой отрицательной структуры, расположенной на северо-западной периферии Днепровско-Донецкой впадины.

Геодинамика Припятского прогиба является составным элементом региональной геологии региона и рассматривается как результат проявления геологических процессов в недрах как изучаемой территории, так и смежных областях на всём интервале глубин - от покровных отложений до земного ядра в контексте геологической эволюции Припятского прогиба. Рассматриваемый вопрос требует изучения новейших и традиционных методов исследований геодинамики Припятского прогиба, оценки специфики геодинамических процессов в недрах Припятского прогиба, изучения взаимосвязи геодинамических процессов Припятского прогиба и прилегающих территорий.

Данное пособие основано на новейших данных по особенностям практической и теоретической составляющих методов исследований геодинамики Припятского прогиба, общих и частных вопросов геодинамики рассматриваемой области, новейших геодинамических явлений, тектонических явлений, сейсмической активности и его теплового поля.

Список сокращений

GPS – система глобального позиционирования

СВДЗК - современные вертикальные движения земной коры

КС – космоснимок

DINSAR – система методов дифференциальной спутниковой интерферометрии

RTK – метод относительной кинематики в режиме реального времени

ВЕП – Восточно-Европейская платформа

ГдАЗ – Геодинамически активная зона

ББС – Балтийско-Белорусская синеклиза

ВОЗ – зона возникновения очагов землетрясений

ЦБСЗ – Центрально-Белорусская сутурная зона

Структура и содержание курса «Геодинамические исследования Припятского прогиба»

Курс «Геодинамические исследования Припятского прогиба» состоит из разделов, освещающих следующие вопросы:

1. Методы исследований геодинамики Припятского прогиба
2. Общие вопросы геодинамики Припятского прогиба
3. Новейшие геодинамические явления Припятского прогиба
4. Тектонические явления Припятского прогиба
5. Сейсмическая активность Припятского прогиба
6. Тепловое поле Припятского прогиба
7. Прикладные аспекты геодинамических исследований Припятского прогиба

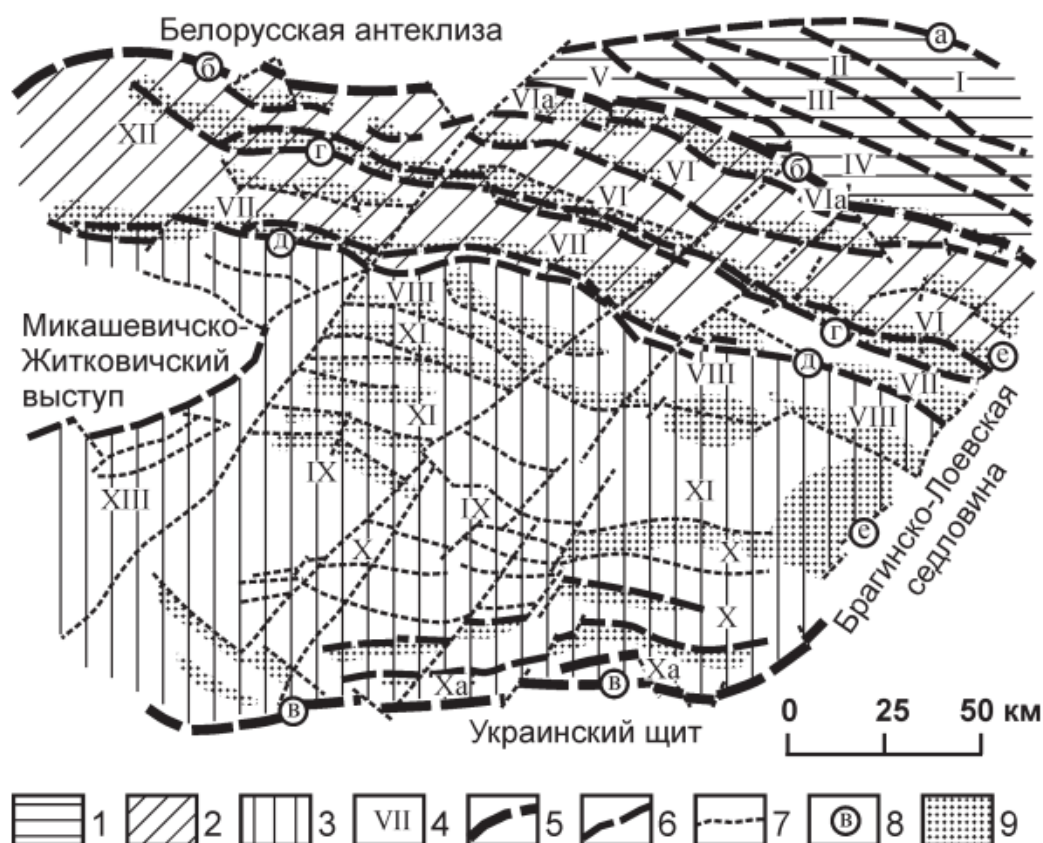
Геодинамические исследования Припятского прогиба, её изучение и современное состояние, геодинамические реконструкции геодинамики Припятского прогиба

Геодинамика Припятского прогиба является направлением, возникшим в результате детального комплексного исследования Припятского прогиба (рисунок 1) и смежных геологических структур от верхних горизонтов покровных отложений до глубинных образований земных недр в контексте тектонического районирования Беларуси (рисунок 2).

Вопросы изучения геодинамики Припятского прогиба стали интересовать геологов с 20-30-х годов XX века, в частности, при сопоставлении геоморфологии, особенностей гидросети и вопросов тектонического строения данной территории. В частности, было выдвинуто предположение о вовлечённости в положительные неотектонические движения современных поднятий на территории Припятского прогиба и связи отрицательных структур с нисходящими.

Всплеск изучения геодинамики Припятского прогиба пришёлся на послевоенный период, в который производилась геологическая съёмка всей территории Беларуси. В результате работы геологов были детально изучены литология, стратиграфия, особенности тектоники, неотектоники, строились соответствующие карты. Важным достижением было исследование амплитуды и периодичности вертикальных и горизонтальных движений земной коры. Степень детальности изучения недр Припятского прогиба увеличилась по мере совершенствования методов исследования всех составляющих геологической среды. В частности, проводилось сопоставление фактических материалов бурения и геофизических данных – сейсмического зондирования, вертикального сейсмического профилирования и т.д. Особый интерес у геологов вызывал геодинамический режим и особенности разломной тектоники, охватывающей как платформенный чехол, так и фундамент.

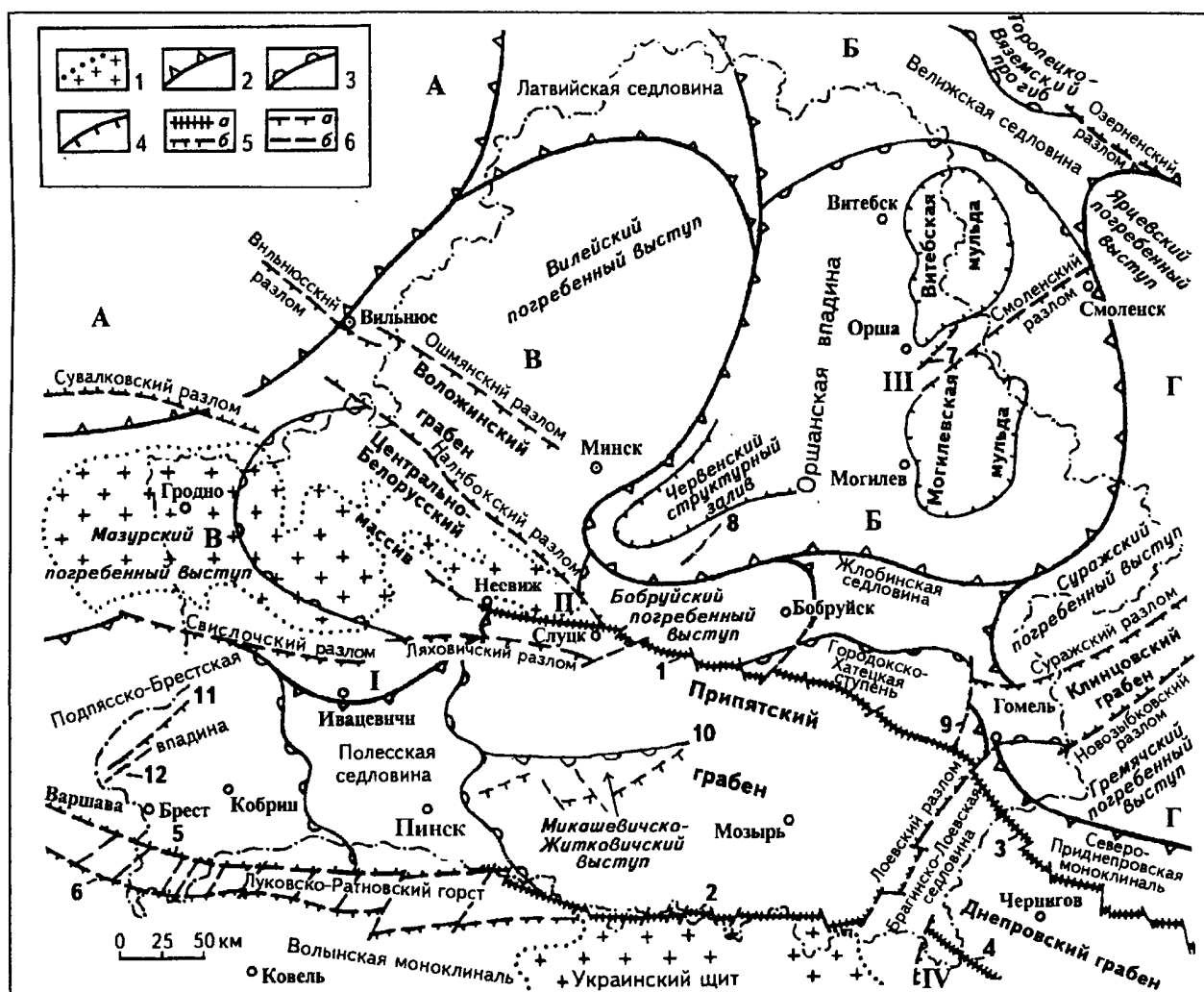
Многие белорусские геологи внесли свой вклад во всестороннее изучение геодинамики Припятского прогиба: Р. Е. Айзберг, Р. Г. Гарецкий, Э. А. Высоцкий, Э. А. Левков, А. В. Матвеев и др.



1 – Северо-Припятское плечо; Припятский грабен; 2 – Северная зона ступеней, 3 – Внутренний грабен; 4 – структуры: I – Буда-Кошелёвская ступень, II – Медведовская ступень, III – Городокская ступень, IV – Китинско-Хатецкая ступень, V – Паричская ступень, VI – Речицко-Шатилковская ступень, VI а – Северная зона бортовых уступов, VII – Червонослободско-Малодушинская ступень, VIII – Заречицко-Великоборская ступень, IX – Шестовичско-Склодинская ступень, X – Наровлянско-Ельская ступень, Ха – Южная зона бортовых уступов, XI – Петриковско-Хобнинская зона погруженных выступов и периклиналей, XII – Старобинская депрессия, XIII – Туровская депрессия; разломы: 5 – суперрегиональные, 6- региональные и субрегиональные, 7 – прочие, 8 – наименования разломов: а – Жлобинский, б – Северо-Припятский, в – Южно-Припятский, г – Речицко-Вишанский, д – Червонослободско-Малодушинский, е – Лоевский; 9 – зоны приразломных поднятий.

Рисунок 1 Схема тектонического районирования Припятского прогиба по поверхности кристаллического фундамента и подсолевых отложений (по Р.Е.Айсбергу, Р.Г.Гарецкому, С.В.Клушину и др.[1])

На настоящий момент геологов особенно интересуют вопросы неотектонического районирования, выделения разноранговых структур, особенности изменения геодинамического режима территории Беларуси в контексте её геологического развития, значения, периодичность амплитуд вертикальных и горизонтальных движений, отражение их в характере изменения поверхности платформенного чехла, расположение месторождений полезных ископаемых, сейсмики и т.д.



Границы: 1- выходов фундамента по подошве юрско-антропогенных отложений; 2 – структур I порядка, 3 – структур II порядка, 4 - структур III порядка; разломы: 5 – суперрегиональные (а) и региональные (б), 6 – субрегиональные (а) и локальные (б); синеклизы: А – Балтийская, Б – Московская; антеклизы: Б – Белорусская, Г – Воронежская; погребённые выступы: I – Ивацевичский, II – Бобовнянский, III – Оршанский горст; IV – Южно-Приднепровская моноклиналь; разломы: 1 – Северо-Припятский, 2 – Южно-Припятский, 3 – Северо-Днепровский, 4 – Южно-Днепровский, 5 – Северо-Ратновский, 6 – Южно-Ратновский, 7 – Оршанский, 8 – Осиповичский, 9 – Гомельский, 10 – Житковичский, 11 – Высоковский, 12 – Прибугский.

Рисунок 2. Тектоническое районирование территории Беларуси по поверхности фундамента [2]

Теоретические основы геодинамических исследований Припятского прогиба

Теоретические основы геодинамики Припятского прогиба находятся в контексте изучения вопросов геодинамики Припятского прогиба являются следующие:

1. Оценка связи геодинамики с неотектоникой, геофизикой, динамической геологией, другими геологическими дисциплинами.
2. Эндогенные, экзогенные и техногенные геодинамические процессы Припятского прогиба.

3. Особенности проявления геодинамических процессов на новейшем этапе геологического развития Припятского прогиба.
4. Методы исследований геодинамики Припятского прогиба.
5. Особенности изучения современных вертикальных движений Земной коры с помощью инновационных технологий.
6. Изучение разломной тектоники Припятского прогиба.
7. Прогнозирование месторождений полезных ископаемых на территории Припятского прогиба.
8. Геодинамические явления на месторождениях калийных солей.
9. Изменения пород Припятского прогиба в процессе разработки месторождений нефти.
10. Роль соленосных формаций и соляной тектоники в формировании структуры месторождений полезных ископаемых платформенного чехла Припятского прогиба.
11. Геодинамика и перспективы нефтегазоносности северного сегмента Полесской кольцевой структуры.
12. Структурно-геодинамическая зональность Запада Восточно-Европейской платформы.
13. Геодинамика рифтового седиментогенеза в Припятском прогибе.
14. Связь геодинамического режима и минерагенической специализации Припятского прогиба.
15. Новейшие геодинамические явления Припятского прогиба.
16. Влияние неотектонических процессов на развитие древнематериковых оледенений на территории Беларуси.
17. Соляная тектоника Припятского прогиба.
18. Сейсмическая активность Припятского прогиба.
19. Проблемы сейсмотектоники Припятского прогиба.
20. Тепловое поле Припятского прогиба.
21. Теоретическое и прикладное значение исследований геодинамики Припятского прогиба.

Общие понятия, терминология

Вертикальные движения земной коры представляют собой восходящие и нисходящие перемещения отдельных её участков.

Геодинамика – раздел геологии, посвящённый изучению процессов, происходящих в земных недрах и обусловленных дифференциацией материи внутри планеты.

Геодинамические процессы происходят в глубине земных недр в следствие дифференциации их вещества.

Горизонтальные движения земной коры происходят при параллельных или близким к ним перемещениях отдельных её участков.

Земная кора представляет собой твёрдую верхнюю оболочку Земли, нижняя граница которой простирается на границе Мохоровичича.

Линеаменты – линейные, а также дугообразные составляющие рельефа планетарного, регионального и локального уровня, связанные с глубинными разломами.

Методы исследований геодинамики Припятского прогиба представляют собой совокупность способов получения объективных знаний по вопросам геодинамики рассматриваемого региона: геофизические, геоморфологические, геохимические, гидрологические, общегеологические, геодезические, математические и др.

Разломы представляют собой проявления нарушения целостности горных пород.

Рифтогенез представляет собой процесс образования рифтов – крупных тектонических разломов, возникающий при растяжении в горизонтальной плоскости участков земной коры с последующим её утонением до разрыва.

Неотектоника – раздел тектоники, изучающий историю развития, тектонические движения земной коры, проявившиеся в позднем олигоцене – квартере.

Новейшие геодинамические явления Припятского прогиба возникают на современном этапе развития региона.

Полезные ископаемые Припятского прогиба сформировались в пределах данного региона на протяжении геологической истории от докембрия до четвертичного периода.

Сейсмические явления подземные толчки и колебания земной поверхности, обусловленные преимущественно эндогенными процессами.

Соляная тектоника – особая форма складчатых дислокаций эвапоритовых формаций, протекающих при повышенном давлении и температурах, при которых возрастает пластичность горных пород. Типичными проявлениями соляной тектоники служат соляные купола, диапиры, валы и т.д.

Тектоника – раздел геологии, изучающий особенности строения, деформации, движений литосферы и верхней мантии в контексте развития Земли.

Тепловое поле Земли формируется тепловым потоком, из недр Земли.

Экзогенные процессы обусловлены внешними по отношению к геологической среде факторами, такими как солнечная энергия, гравитация, процессы выветривания и т.д.

Эндогенные процессы обусловлены внутренними по отношению к геологической среде факторами – тепловой энергией земных недр, тектонической активностью и т.д.

Эндогенные, экзогенные и техногенные геодинамические процессы Припятского прогиба

В недрах Припятского прогиба происходят следующие геодинамические процессы, в частности это:

Эндогенные: 1) изменение пористости пород-коллекторов в результате добычи метасорождений полезных ископаемых; 2) проявившиеся и протекающие в

настоящее время тектонические и неотектонические явления Припятского прогиба, в т.ч. горизонтальные и вертикальные движения, обусловленные эндогенными факторами; 3) геохимические процессы, обусловленные эндогенными источниками; 4) образование месторождений полезных ископаемых под воздействием эндогенных факторов; 5) геотермальные явления Припятского прогиба; 6) изменение геологической среды под воздействием эндогенных факторов.

Экзогенные: 1) изменение уровня грунтовых вод, в т.ч. заболачивание; 2) геохимические процессы, обусловленные экзогенными процессами; 3) образование месторождений полезных ископаемых, обусловленные экзогенными процессами; 4) изменения геологической среды под воздействием экзогенных факторов.

Техногенные: 1) наведённая сейсмичность; 2) просадки земной поверхности в районах шахтных полей; 3) геохимические процессы, происходящие под воздействием техногенеза; 4)

Современные инновационные технологии изучения и использования недр Республики Беларусь

В настоящий момент времени в Республике Беларусь инновационными технологиями изучения и использования недр являются:

1. Разработка подходов к осуществлению и научной составляющей геологоразведочных работ в пределах региона, в т.ч. поисков и разведки месторождений полезных ископаемых.
2. Разработка способов оценки экономической целесообразности и рациональных подходов при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых.
3. Разработка новых методов извлечения и переработки полезных ископаемых.
4. Проведение Государственной геологической съёмки масштабов 1 : 200 000 и 1 : 50 000 при увеличении объёмов сверхглубокого бурения [3].

Инновационное развитие геологоразведочной отрасли Беларуси в 2011-2017 гг. в контексте геодинамических исследований Припятского прогиба

Под понятием инновация, применительно к наукам о Земле, понимается новшество, уже внедрённое, либо находящееся на стадии внедрения, способное увеличить эффективность научной, научно-производственной или производственной деятельности. Ведущими направлениями инновационного развития геологоразведочной отрасли являются:

1. Совершенствование геологоразведочной отрасли в контексте привлечения высоких технологий и возрастание доли информационных технологий, в частности, проведения мероприятий по развитию инновационных подходов, направленных на модернизацию геологической разведки и .

2. Проведение геологической съёмки как недостаточно изученных и начинающих развиваться, так и хорошо развитых и исследованных регионов.

3. Использование поисков и разведки месторождений полезных ископаемых на территории Припятского прогиба как основы развития предприятий горнодобывающего и ориентированного на комплексную переработку минерального сырья, характеризующейся выпуском высокотехнологичной и инновационно-активной продукции.

4. Формирование условий для улучшения инвестиционного климата для поисков и разведки месторождений полезных ископаемых на территории изучаемого региона.

5. Инновационные подходы в геологии основываются также на активном внедрении ГИС технологий, в т.ч. цифровой обработки фактического материала.

6. Внедрение новых геофизических методов и комплексирования имеющихся.

7. Внедрение новых методов количественного и качественного анализа вещества.

8. Переоценка запасов, перспектив освоения и подготовка к разработке ранее открытых месторождений полезных ископаемых в контексте современных подходов к развитию экономики [4].

Связь геодинамики с неотектоникой, геофизикой, динамической геологией, другими геологическими дисциплинами

Геодинамика Припятского прогиба является направлением региональной геодинамики, которая в свою очередь является производной от общей геодинамики – науки, изучающей природу процессов протекающих внутри Земли и обусловленных её развитием. Все упомянутые научные направления имеют единый понятийно-терминологический аппарат. Неотектоника изучает геодинамические процессы, протекавшие преимущественно в литосфере – верхней оболочке Земли на протяжении четвертичного периода. Геофизика используя математические и физические методы описывает геодинамические процессы и явления в земных глубинах. Динамическая геология используя достижения геофизики и геодинамики описывает историю развития эндогенных и экзогенных геологических процессов при развитии планеты. Перечисленные направления изучения геодинамики региона базируются на достижениях исторической геологии, литологии, стратиграфии, минералогии, учения о фациях и прочих наук естественного цикла [5].

Методы исследований геодинамики Припятского прогиба

Изучение геодинамики Припятского прогиба производится при помощи прямых и косвенных методов исследований земных недр.

К прямым методам относятся способы получения информации при непосредственном изучении земных недр – бурения, описания и документирования геологических разрезов, обнажений, геохимических исследований и т.д. К косвенным методам исследований относятся способы изучения недр рассматриваемого региона, заключающиеся в получении информации без непосредственного взаимодействия с геологической средой –

каратаж, сейсмические методы, геофизические методы, дистанционного зондирования и т.д.

Методы изучения региональной геодинамики различаются по разрешающей способности, глубине проникновения, особенностям изучаемого компонента геологической среды. Также различаются методы исследований геодинамики приповерхностных и глубинных горизонтов, что обуславливается объективными факторами доступа к изучаемым толщам вниз по разрезу. Исследование современных геодинамических процессов производится с применением новейших методов, таких как – GPS мониторинга, геохимических, геотермических и др. способов получения информации о земных недрах. Изучение дочетвертичной геодинамики региона производится на основе привлечения данных по литологии, минералогии, исторической геологии стратиграфии, геотектонике, формационного анализа и др. «традиционных» областей геологии, позволяющих реконструировать геологические процессы далёкого прошлого [6].

Мониторинг процессов деформации земной поверхности на основе высокоточных методов дифференциальной спутниковой интерферометрии

Применение в геологии методов нивелирования при изучении геодинамических процессов на больших территориях имеет ограничения, в частности – требует значительных материальных затрат и крайне чувствителен к ошибкам. Синтез технологии GPS- позиционирования, методов дифференциальной спутниковой интерферометрии (DINSAR), активных отражателей позволяет получить информацию о неотектонических движениях с точностью до 1-3 мм/год [7].

Опыт индикации геодинамически активных зон эманационным методом

Изучение больших территорий платформ на предмет индикации геодинамически активных зон может осуществляться эманационным методом. В основе которого лежит взаимосвязь интенсивности проявления радоновых эманаций с трещиноватостью земной коры [8]. К геодинамически активным зонам относятся элементы земной коры платформ, отличающиеся от смежных активными современными напряжениями и сопутствующими деформациями. Эманационный метод позволяет оценить степень активизации древних разломов. В настоящее время измерение плотности R_n с поверхности грунта осуществляется при помощи метода сорбции активированным углем. Измерение удельной активности радионуклидов в покровных отложениях осуществляется гамма-спектрометрическим методом, определения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения на их поверхности. Погрешности измерений содержания R_n могут достигать 30%. Расположение точек наблюдений на местности определяется при помощи GPS-навигаторов.

При интерпретации результатов содержания R_n в газовых эманациях необходимо учитывать малый период полураспада элемента (3,8 сут), ограничивающий способность к миграции газа в слабопроницаемых осадочных породах на расстояние до 5 м, что затрудняет определение разломов

кристаллического фундамента на глубинах 500 м и более. Результаты использования эманационного метода на территории регионов с развитым осадочным чехлом могут быть неоднозначными [8].

Возможности мониторинга геодинамических процессов на основе GPS-измерений на сверхдлинных линиях

Горнопромышленные районы часто имеют линейные размеры 20 и более километров в поперечнике. Так, например, осуществление геодинамического мониторинга Солигорского горнопромышленного района требует сверхточных изменений на сверхдлинных линиях при использовании технологии GPS с использованием базовых GPS-станций [9]. При проведении измерений одна базовая станция – приёмник спутникового сигнала располагается в точке с заранее определёнными координатами, а второй приёмник перемещается в необходимом направлении.

Метод относительной кинематики (RTK), возникший при интеграции технологий GPS и средств связи, в частности, GSM терминалов позволяет увеличить расстояние между приёмником и базовой станцией до 100 км [9].

Проблемы опережающих исследований и научного сопровождения нефтегазопроисловых работ в Беларуси

На территории единственной в настоящее время нефтепромысловой области Беларуси, характеризующейся сложным геологическим строением, - Припятском прогибе, со времён открытия нефти, проводились активные опережающие геологические исследования.

В настоящее время актуальной проблемой является оценка потенциальной нефтегазонасыщенности Оршанской и Брестской впадин.

Важной проблемой опережающих исследований и научного сопровождения нефтегазопромысловых работ в Беларуси является геолого-геохимическое исследование процессов формирования залежей углеводородов и особенностей поисков нефтегазовых ловушек на территории Восточно-Припятской палеовулканической области. Не менее важным вопросом является изучение нефтеносности верхней части кристаллического фундамента и верхнепротерозойского чехла [10].

Перспективы нефтегазонасыщенности Оршанской и Брестской впадин могут быть переоценены при проведении средне- и крупномасштабных геологических съёмок территории Беларуси [10].

Неотектонические исследования территории Беларуси: современное состояние и перспективы развития

Ещё в начале 1920-х у геологов возникли первые предположения о неотектонических процессах, проявляющихся на территории Беларуси в виде изменений строения речных долин, а также обуславливающие возникновение

возвышенностей и низменностей. В последующем исследователи развили данные представления установив, что амплитуда вертикальных неотектонических движений могла достигать сотен метров, была прослежена взаимосвязь контуров гидросети и морфологии рельефа со строением поверхности кристаллического фундамента.

Проведение систематических повторных нивелирований Припятского прогиба в совокупности с глубинным сейсмическим зондированием, вертикальным сейсмическим профилированием и другими геофизическими методами позволяет оценивать динамику неотектонических движений во времени.

Столетие спустя – в 2020-х, была разработана концепция неотектонического развития Беларуси, с детальным изучением геодинамических процессов Припятского прогиба и Беларуси в целом, как составных элементов Европы.

Перспективы, развития неотектоники неотъемлемо связаны с исследованиями особенностей локализации месторождений полезных ископаемых и неотектонических образований, внедрение новых методов исследований. Важным прикладным аспектом работ является определение уровня сейсмической опасности территории для нужд народного хозяйства [11].

Вопросы неотектоники на факультете географии и геоинформатики БГУ

Термин «неотектоника», по мнению [12] ведущих учёных, определяет геологические структуры, возникшие в неоген-четвертичном периоде, либо образования, связанные с позднеальпийскими движениями. В географической науке важная роль в исследовании неотектонических процессов принадлежит геолого-геоморфологическому методу, в контексте данных из геологии, геоморфологии, биостратиграфии и др. методов естественных наук. Важна оценка роли воздействия неотектоники на образование и трансформацию ландшафтов равнин, в частности их внутризональных нарушений [12], дифференциацию их рельефа, особенности развития и динамику изменения растительности. в т.ч. на современном этапе их образования

Важным направлением также является изучение и совершенствование методов исследований проявления неотектонических движений в географической оболочке.

Изучение современных вертикальных движений земной коры с помощью инновационных технологий

Особый интерес в изучении геодинамических процессов Припятского прогиба представляет исследование динамики современных вертикальных движений земной коры (СВДЗК), оказывающих влияние на образование современного ландшафтного разнообразия. Данный вопрос имеет значительное прикладное значение для инженерной геологии, в частности – оценки потенциальных рисков эксплуатации зданий, сооружений и др. объектов народного хозяйства.

В основе способа изучения СВДЗК лежит повторное высокоточное нивелирование с интервалами от 2 до 15 лет и анализ аэро-космоснимков высокого разрешения, а также - индикационное дешифрирование. При изучении СВДЗК необходимо обращать внимание на характер изменения отражения линеаментов на космоснимках. Установлено, что на территории Припятского прогиба и смежных областях величины вертикальных движений могут быть более 5 мм в год [13].

Тектонофизический мониторинг Беларуси

Тектонофизический мониторинг на территории Беларуси производится в рамках программы «Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь». Динамика изменения магнитного и гравитационного полей со временем уверенно отражает особенности проявления новейшей тектоники.

Систематические исследования магнитного и гравитационного полей проводятся на полигонах, охватывающих крупные активные тектонические структуры, в частности – Краснослободский, Кореличский и Чашниковский разломы.

Сопоставление данных геологического строения и материалов геофизического мониторинга позволяет говорить об особенностях передачи неотектонических деформаций, в частности, краткопериодных колебаний, от кристаллического фундамента и осадочного чехла к земной поверхности. В частности, сезонность выпадения атмосферных осадков, изменения гидрогеологического режима территории, особенности трещиноватости геологической среды, наличие активных разломов, способны повлиять на степень активности проявления новейших геодинамических процессов [14].

Методы количественной литологии для корреляции разрезов и изучения рудных тел

Основой большинства теоретических построений в геологии являются первичные геологические описания и построения, детальность их выполнения, непрерывность их описания с минимальными обобщениями и сокращениями. В геологии количественная составляющая первичных данных, в т.ч. полевых, позволяет увеличить степень объективности и верифицируемости получаемых результатов.

Традиционные методы описания литологических разрезов показали свою универсальность и определённую информативность, доступны для каждого геолога. Однако же на современном этапе развития наук о Земле при проведении геодинамических реконструкций требуются большее и большее количество исчерпывающих сведений об изучаемых разрезах. Методы количественной литологии позволяют задокументировать весь изучаемый разрез практически без исключений и обобщений, это может быть интервал бурения, описываемое обнажение, стенки горных выработок и т.д.

Поинтервальное полевое описание горных пород, распространённое повсеместно, не лишено определённого субъективизма, проявляющегося в опыте исследователя, остроты его зрения, особенностях цветовосприятия, условиях работы, критериях выделения тех или иных элементов разреза – слоёв, пачек и т.д.

Основой методов количественной литологии является оцифровка разрезов, в частности – сканирование и фотографирование. Разрешающая способность метода ограничивается спектральным диапазоном работы сенсора. В количественной литологии данные по литологии изучаемых разрезов дополняются материалами геофизических исследований, в т.ч. каратаж. Последующая обработка цифровых материалов может проводиться при использовании элементов искусственного интеллекта, что позволит автоматизировать исследования, в т.ч. определять индекс мафичности горных пород, особенности пористости, минеральный состав и т.д.

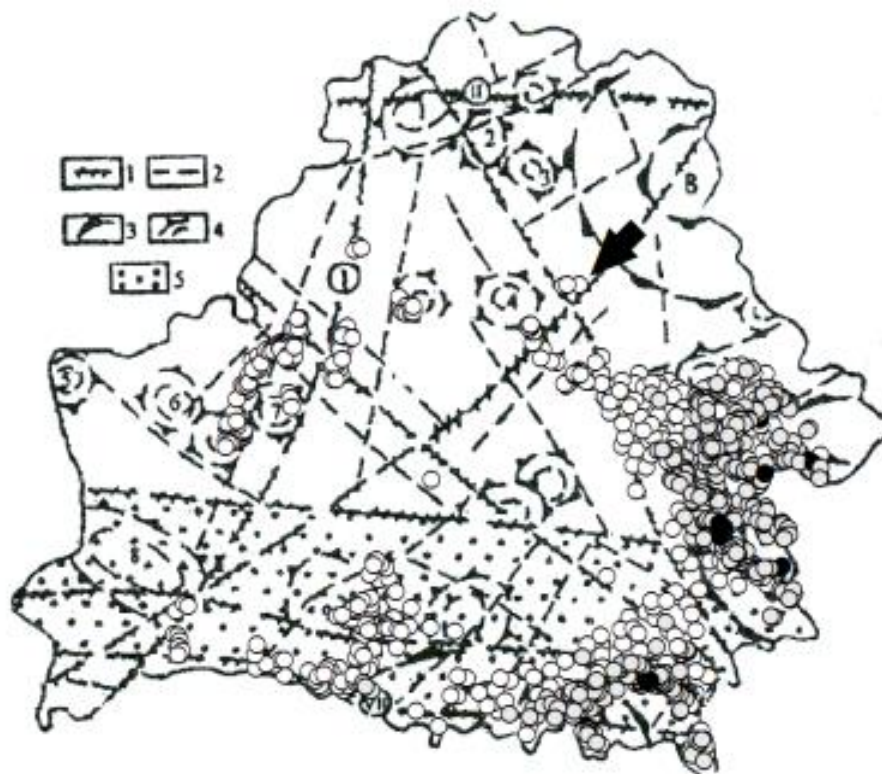
Неточности, возникающие при использовании метода количественной литологии, обуславливаются преимущественно неполнотой извлекаемой колонки керна, техническими особенностями оборудования для геофизических исследований, параметрами цифровых устройств обработки полевых материалов и т.д.

Важным результатом использования методов количественной литологии является возможность получения бесспорных и повторяемых результатов при использовании единообразных подходов обработки материалов, что также упрощают корреляции [15].

Пространственное моделирование геоэкологических факторов

В результате сопоставления информации о расположении на территории Беларуси линеаментов от локального до суперрегионального уровней локализации, кольцевых структур, а также распределения населённых пунктов, в пределах зоны радиоактивного заражения средствами ГИС визуализации позволило построить соответствующую карту (рисунок 3).

Интерпретация рассматриваемой карты геокодирования совместно с методами корреляции пространственно-атрибутивной категоризации [16] позволило установить, что на территории Беларуси наибольшее количество населённых пунктов, характеризующихся повышенным риском онкологических заболеваний, располагаются преимущественно в областях, расположенных не только в областях повышенного радиоактивного загрязнения, но и нарушенной целостности земной коры.



1 – суперрегиональные линеаменты: I – Балтийско-Украинский, II – Полоцко-Курземский, III – Брестско-Велижский, IV – Двинско-Черниговский, V – Ошмянско-Речицкий, VI – Северо-Припятский, VII – Южно-Припятский; 2 – региональные и локальные линеаменты; 3 – кольцевые мегаструктуры: А – Полесская, Б – Клинцовская, В – Витебская, 4 – региональные кольцевые структуры: 1 – Браславская, 2 – Ветринская, 3 – Ушачская, 4 – Борисовская, 5 – Гродненская, 6 – Щучинская, 7 – Новогрудская, 8 – Березовская, 9 – Лунинецкая; 5 – фрагмент зоны Сарматско-Туранского трансконтинентального линеамента [16].

Рисунок 3. Геокодирование населённых пунктов Беларуси, состоящих в «Перечне населённых пунктов и объектов, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения» [16]

Аппаратно-программный комплекс геологических данных в системе геоинформационных технологий

Эффективность геологических работ в настоящее время определяется не только наличием собственно геологической составляющей в науках о Земле, но и информационным компонентом сопровождения поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, а также работ фундаментальной направленности. Аппаратно-информационная среда в геологии состоит из нескольких важных компонентов: 1) массив первичных данных в электронном виде; 2) комплекс программ для обработки первичных данных; 3) система обмена и доступа к информации в рамках взаимодействия пользователей рассматриваемой среды.

Массив первичных данных постоянно дополняется актуальными материалами, получаемыми в ходе полевых работ в профильных организациях. Не менее важным источником первичных данных являются архивные материалы в виде фотографий, зарисовок, описаний образцов, разрезов, кратажных диаграмм и т.д., преимущественно в растровом формате, находящиеся в состоянии оцифровки.

Ещё одним ценным источником является информация получаемая при реализации международных и национальных проектов. В результате развития процессов глобализации и расширения доступа к сети Интернет с начала 2000-х в качестве первичных данных могут быть сторонние базы данных, например – открытые, либо с иными видами доступа, принадлежащие профильным организациям разных государств. На территории Беларуси головной организацией, курирующей сбор и обработку геологической информации с 1937 г. является Белорусский государственный фонд Департамента по геологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды. Аппаратная составляющая геологической базы данных базируется на технологии серверов с возможностью реализации протоколов облачного доступа [17].

GPS и глобальная геодинамика. Геодинамические реконструкции старобинской центриклинали Припятского прогиба на основе космических методов. Результаты спутниковых наблюдений на геодинамических реперах Краснослободского рудника

Старобинская центриклиналь Припятского прогиба расположена на северо-западной периферии Днепровско-Донецкого палеорифта (рисунок 4).

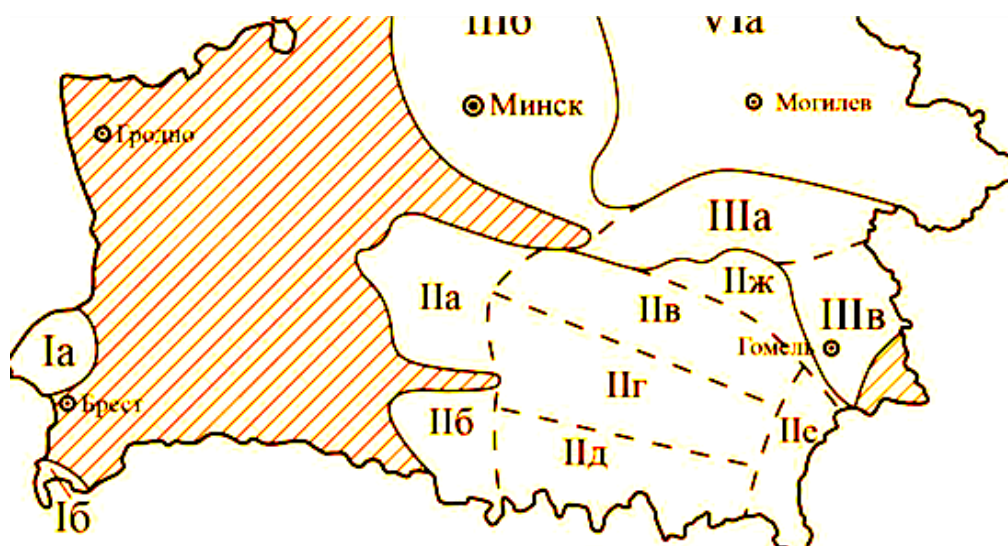


Рисунок 4. Схема расположения Старобинской центриклинали Припятского прогиба (II а) относительно других структур Припятского прогиба [19]

Реконструкции геодинамических процессов могут проводиться на основе: 1) материалов непосредственного изучения недр – исследованиях керна, описаний разрезов, горных выработок, материалов геофизических исследований и т.д. способов непосредственного изучения Припятского прогиба и смежных территорий; 2) материалов опосредованных исследований региона – исследований, основанных на использовании GPS – технологий, результатах дистанционного зондирования - анализа аэро-космоснимков в различных спектральных диапазонах и т.д.

Сильной стороной непосредственных методов исследования геологического строения региона является высокий уровень понимания вещественного состава и геологических процессов в конкретных точках проведения исследований. Слабой стороной данных методов является невозможность детального исследования значительных площадей региона в силу объективных причин – высокой цены осуществления геологической съёмки, временного фактора и т.д.

Положительной стороной данного метода является способность изучения больших площадей с минимальными временными и материальными затратами, отрицательной – необходимость проведения заверочных мероприятий на местности, сложность сочетания геофизических данных и материалов дистанционного зондирования.

Реконструкции геодинамики региона на основе космических методов могут проводиться как при изучении еденичных снимков, так и анализе динамики изменения земной поверхности на снимках, сделанных за определённый период.

Материалы дистанционного зондирования, в частности – космические методы, в сочетании с результатами традиционных методов позволяют установить пространственную локализацию систем активных разломов, блоковых и пликативных элементов земной коры, областей с выраженным проявлением новейших геодинамических процессов.

Основой геодинамических реконструкций является геоиндикационный подход с установлением взаимосвязи геодинамических процессов региона и особенностей строения его ландшафтов [18]. Наибольший интерес вызывают линейные, кольцевые и блоковые структуры.

Наиболее отчётливыми на КС геоиндикаторами протекающих и протекавших неотектонических процессов в недрах рассматриваемого региона являются гидрографические составляющие дневной поверхности, отражающиеся в изменениях их контуров, степени заполнения осадочным материалом, боковой глубинной эрозии, миграции долин и т.д. Погребённые речные долины Старобинской центриклинали кайнозойского возраста часто залегают над разломами регионального уровня.

На основании комплексной интерпретации сейсмогеологических, геологических, геофизических и космогеологических данных по Старобинской центриклинали [18] выделяются Полесский, Старобинский и Слуцкий блоки земной коры.

Систематические геомеханические наблюдения земной поверхности в пределах геодинамических полигонов, расположенных в пределах горнопромышленных районов, позволяет получить информацию о геодинамических процессах имеющих естественную и техногенную природу.

Так, например, во временном интервале 2005-2009 гг. результаты GPS мониторинга, проводимого в пределах стационарных пунктов, размещённых в зонах разломов в окрестностях Краснослободского рудника показали, что горизонтальные и вертикальные движения реперов (находящиеся в

миллиметровом диапазоне значений), либо слабо выражены, либо находятся в пределах погрешностей систем измерений [18].

Гляциотектоническая основа поисков полезных ископаемых

При использовании космоснимков (КС), в частности, высокого разрешения, используя космогеологические методы в процессе поисков месторождений полезных ископаемых на территориях, затронутых древнематериковыми оледенениями, важное внимание имеют прямые или косвенные поисковые гляциотектонические критерии.

Гляциотектонические процессы на земной поверхности проявились в виде гляциодислокаций складчато-чешуйчатого типа, образований аккумулятивного и экзорационного генезиса, гляциодиапиры, проявлений изостазии, зоны разломов и т.д.

Потенциальная нефтеносность структур в областях, затронутых древнематериковыми оледенениями, например Припятского прогиба и Центральноевропейского нефтегазоносного бассейна, вероятно, обуславливается процессами выдавливания флюидов из терригенных образований в направлении передвигающихся ледников из терригенной формации [19].

Изучение проявления гляциотектонических процессов наряду с материалами геолого-геофизических методов исследований, может объяснить особенности локализации месторождений как терригенных, так и хемогенных полезных ископаемых.

О буровой изученности девонских отложений Северо-Припятского плеча в связи с перспективами поисков полезных ископаемых

Северо-Припятское плечо Припятского прогиба относится к северо-восточной части данной структуры, ограниченной Северо-Припятским краевым разломом. Большая часть разреза осадочных пород рассматриваемой тектонической структуры сложена терригенными, хемогенными и вулканогенными девонскими образованиями, а области примыкания к Припятскому прогибу являются участками потенциально перспективными для поисков углеводородов. Скважины, вскрывшие кровлю фаменских отложений, охватывают южную и центральную части Северо-Припятского плеча, франские отложения разбурены преимущественно в северной, западной и восточной частях данной структуры, эйфельские и живетские отложения встречены в скважинах, расположенных на северо-западной и северо-восточной её частях [20].

Космотектоническая карта Беларуси. Концепция создания Космотектонической карты Беларуси

Космотектонические карты более информативны по сравнению с традиционными тектоническими. Данное обстоятельство обусловлено высоким потенциалом комплексирования материалов дистанционного зондирования, позволяющих с большой детальностью обнаружить кольцевые и линейные структуры в пространстве и результатов геологической съёмки территории, в

частности, геофизических исследований. Положительной стороной внедрения данного подхода является возможность осуществления геодинамических реконструкций, оценке характера нетектонических движений, в частности, равнин, а также при поисках месторождений полезных ископаемых.

Построение космо тектонической карты Беларуси основано на создании концепции её составления – разработки интерпретации геологических данных, создания критериев дешифрирования данных КС различных спектральных диапазонов, в т.ч. синтезированных изображений, выбора масштаба – 1 500 000 и т. д. В процессе создания карты использовались КС с различным уровнем детальности (разрешающей способности) отображения территории – от региональных до локальных КС. На космо тектонической карте Беларуси [21], на её территории выделялись концентрические, кольцевые структуры, разломы от суперрегионального до локального уровней, унаследованные разломы, определялись границы геоблоков. Привлечение геоморфологических критериев позволило более уверенно выделять современные разломы, проявляющиеся в виде изменения речных долин, протяжённых образований на современной земной поверхности, прослеживающихся на значительные расстояния и т. д. Основное содержание космо тектонической карты дополняется врезками [21], содержащими информацию о рельефе, разломах различных этапов развития территории, тектонических структур и т.д.

Обобщение материалов исследований региона и легли в основу создания концепции учебной тектонической карты Беларуси [21]. Важное место на карте занимают основные составляющие осадочного чехла, кристаллического фундамента платформы, разломы различного уровня локализации и степени активности. Важной составляющей карты являются врезки тематического содержания, отражающие строение региона – неотектоническую карту, карту разломов литосферы по геофизическим данным, мощности земной коры, литосферы и т.д.

Разломы литосферы и экологическое картирование Беларуси

На основании тщательного изучения разломной тектоники Восточно-Европейской платформы было установлено, что крупные промышленные центры Беларуси (Минск, Могилёв, Витебск, Брест, Гомель, Гродно, Новополоцк и д.р.), а также ответственные объекты инфраструктуры страны находятся в зонах разломов мантийного залегания преимущественно докембрийского возраста формирования в области конвергенции Сарматской, Волго-Уральской и Фенноскандинавской литосферных плит [22]. Зоны разломов мантийного залегания выразительно отличаются от прилегающих территорий геофизическими полями, негативно влияющими на здоровье людей там находящихся, функционирование зданий и сооружений [22]. Данное обстоятельство требует проведения мероприятий по экологическому картированию в целях определения неблагоприятных в тектонофизическом аспекте территорий.

Прогнозирование нефтеносных структур в пределах Гировской площади Припятского прогиба по данным сейсморазведки

В Припятском прогибе, входящем в состав Днепровско-Припятской нефтегазонасной провинции, наиболее крупные и простые по особенностям геологического строения месторождения нефти были обнаружены во второй половине XX в [23]. Дальнейшие нефтепоисковые работы в регионе проводятся в осложнены его тектоникой.

Традиционно широко применяемые методы 2D сейсморазведки при поисках месторождений нефти в пределах Припятского прогиба, региона сильно преобразованного тектоникой, не могут обеспечить приемлимого уровня детализации исследований. Реальным решением данной проблемы стало исследование потенциально нефтеносных территорий при помощи 3D сейсморазведки. Например, в пределах Гировской площади, локализованной в Речицком районе, проводилась высокоплотная широкоазимутальная сейсмическая съёмка с последующей корреляцией сейсмических горизонтов и тектонических нарушений выполнялась по сети ортогональных глубинных динамических разрезов. При интерпретации полученного куба сейсмических данных, материалов бурения и каротажа детально исследовалось геологическое строение Гировской подсолевой и Ново-Гировской межсолевой структур с последующим построением структурных карт поверхностей сейсмических горизонтов в 3D визуализации.

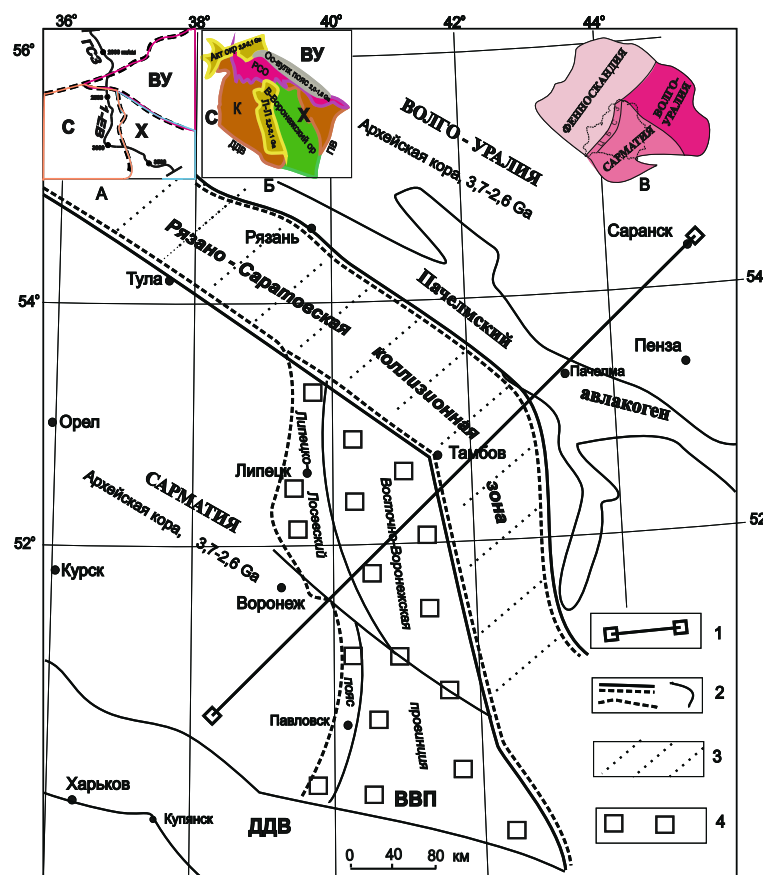
В результате применения методов трёхмерной сейсморазведки не было обнаружено нефтеперспективных образований на территории исследуемого участка. Использование традиционной 2D сейсмики на данном участке снизило бы информативность поисковых работ и привело к большим временным и материальным затратам при схожем результате [23].

Геодинамика областей, смежных с Припятским прогибом Геолого-геофизическая модель зоны сочленения Сарматии и Волго-Уралии

Особенности сопряжения крупнейших элементов Восточно-Европейской платформы (ВЕП) обуславливают проявление геодинамических процессов на смежных территориях, особенно на участках ослабленных рифтогенезом, в частности – Припятском прогибе, расположенном на юго-востоке Сарматии, структуры, сочленяющейся с Волго-Уралией (рисунок 5).

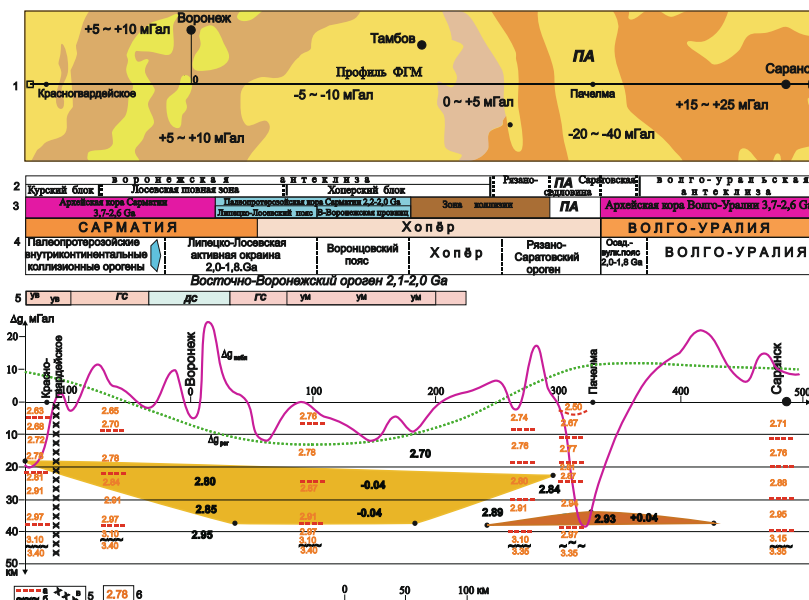
Изменения плотностей и скоростей сейсмических волн, а также гравитационного поля рассматриваемого региона отражены в сейсмогравитационной модели (рисунок 6) особенностей неоднородности литосферы по профилю Воронеж-Пачелма [24]. В центральной части рассматриваемого построения на глубинах 20-38 км располагается трапециевидная линза, отличающаяся несколько сниженной плотностью. Данная структура располагается в пределах восточной части крупного блока земной коры Саматии палеопротерозойского возраста, Хопёрского кратона, а также Восточно-Воронежского внутриконтинентального орогена, затронутых коллизионными процессами, протекавшими в среднем палеопротерозое, причиной возникновения

которых вероятнее всего был мантийно-плюмовый раскол литосферы субмеридиональной направленности. Юго-восточнее упомянутой разуплотнённой линзы на глубинах 35–40 км локализовано протяжённое образование антиклинального типа, отличающееся повышенной плотностью и вероятнее всего являющееся реликтом океанической коры, возникшей при встречном движении Волго-Уральского и Хопёрского кратонов. Таким образом зона сопряжения Волго-Уралии и Сарматии имеет сложное зональное строение, отличающееся выраженными линзоподобными образованиями на глубинах 20–40 км сильно отличающихся по плотности от вмещающих пород, обусловленных протеканием коллизионных процессов в палеопротерозое при консолидации крупнейших структурных элементов ВЕП.



1 — профиль Воронеж-Пачелма; 2 — контуры геологических структур; 3 — зона коллизии Сарматии и Волго-Уралии; 4 — Восточно-Воронежский пояс (ВВП). ДДВ — Днепровско-Донецкая впадина. Врезки: А, Б — по М. В. Минцу (С — Сарматия, Х — Хопёрский кратон, ВУ — Волго-Уралия, К — Курский кратон, ПВ — Прикаспийская впадина, Л—Л — Липецко-Лосевский пояс, В—Воронежский ор — Восточно-Воронежский ороген, РСО — Рязано-Саратовский ороген, Акт. окр — Активная окраина, Ос-вулк — Осадочно-Вулканический пояс), В — тектоническая схема С. В. Богдановой

Рисунок 5 — Схема расположения профиля физико-геологического моделирования Воронеж—Пачелма относительно схемы тектонического районирования С. В. Богдановой [24]



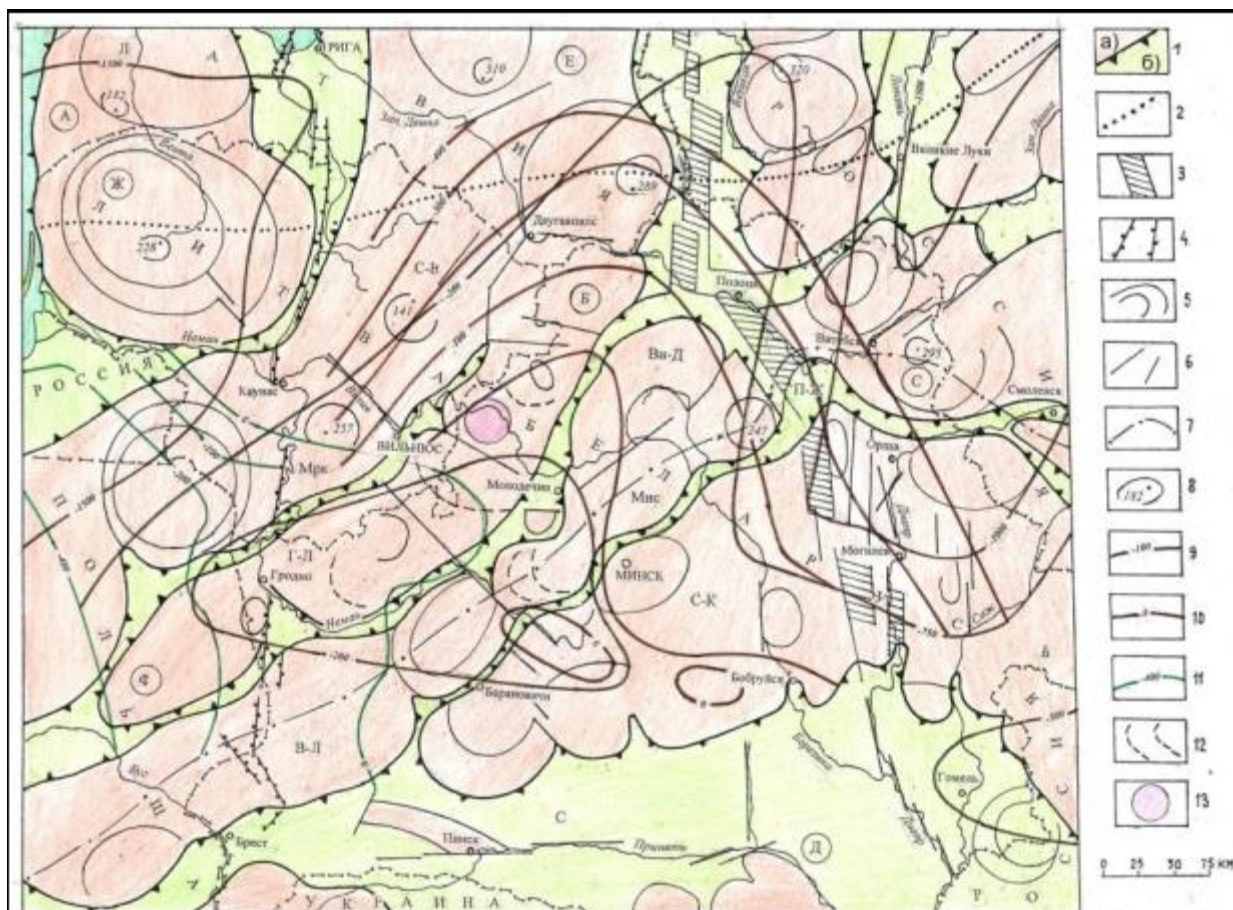
1 — аппликации гравитационных аномалий; тектоническое районирование: 2 — по [1], ПА — Пачелмский авлакоген; 3 — по [5]; 4 — по [2]; 5 — характеристика глубинного строения земной коры по [3]; ГС, ДС — преимущественно развиты соответственно гранитный и диоритовый слои; ув — увеличенная, ум — уменьшенная плотность верхних слоёв земной коры; 6 — сейсмические границы: а — внутрикоровые, б — Мохоровичича, в — глубинный разлом; 6 — плотности, в г/см³

Рисунок 6 — Сейсмо-гравитационная модель литосферы по профилю Воронеж—Пачелма [24]

Структурно-геодинамическая зональность Запада Восточно-Европейской платформы

Припятский прогиб, расположенный на западе ВЕП, также находится под влиянием геодинамически активных зон (ГдАЗ) — структуры, сложенные разновозрастными геодинамически активными образованиями, территории которых отличаются избыточными напряжениями, а также активным проявлением деформаций по сравнению с геологическим окружением. В пределах указанных образований распространены субвертикальные разломы, проявляется структурно-формационная неоднородность осадочного чехла и кристаллического фундамента и иные особенности геологического строения (рисунок 7). Псковско-Жлобинская ГдАЗ является примером изучаемой структуры, на юго-западной окраине которой расположен Припятский грабен (прогиб). Геодинамические процессы прилегающих территорий определяют особенности геодинамики Припятского прогиба, в частности:

1. Неотектонические процессы, затрагивающие геологические структуры запада ВЕП, могут быть обусловлены также влиянием древних разновозрастных образований.
2. Неотектонические структуры запада и востока ВЕП в процессе взаимодействия между собой образуют субвертикальную зону структурных несогласий [25].



1 - зоны поднятий а) и прогибов б), выраженные в рельефе. Буквами обозначены: П – Припятский прогиб, С-К – Слуцко-Кривичское поднятие, Мнс – Минский прогиб, В-Л – Волковыско-Лепельское поднятие, Вн-Д – Верхненёманско-Дисненский прогиб, Г-Л – Гродно-Латгальское поднятие, Мрк – Мякицкий прогиб, С-В – Сувалкинско-Видземское поднятие, Н-Л – Нямунас-Лиеплупельский прогиб, Ж – Жямайское поднятие 2 - .Шауляйско-Торопецкая зона, почти не выраженная в рельефе; 3 – Псковско-Жлобинская геодинамически активная зона (П-Ж), 4 Рижско-Брестская зона линейментов, 5 – структурные линии, подчёркивающие отдельные детали поднятий и прогибов; 6 – линейменты, 7 – Черноморско-Балтийский водораздел, 8 – обобщённые изогипсы дневной поверхности (м), 12 – дуги, подчеркивающие строение моренных гряд. Изогипсы опорных горизонтов: 9 – кровли поверхности фундамента, 10 – подошвы наровских слоёв среднего девона, 11 – кровли сеноманского яруса верхнего мела. Буквами в кружках обозначены древние структуры: А – Балтийская синеклиза, Б – Вилейский выступ Белорусской антеклизы, С – Оршанская впадина, Д - Припятский грабен, Ф – Подляско-Брестская впадина. 13 – Свирско-Ошмянская территория детальных исследований.

Рисунок 7 Структурно-геодинамическая зональность запада Восточно-Европейской платформы [25]

В результате наложения неотектонических процессов и особенностей современного рельефообразования на западе ВЕП формируется субгоризонтальная структурная расслоенность ГдАЗ, выраженная в неоднородности полей напряжений, затрагивающих разломы различных глубин заложения и простирания, активизации процессов сжатия, раздвигания, прогибания и поздымания тектонических элементов региона [25].

О влиянии неотектонических и гляциотектонических процессов на формирование толщи плейстоценовых отложений и рельефа Беларуси и Польши

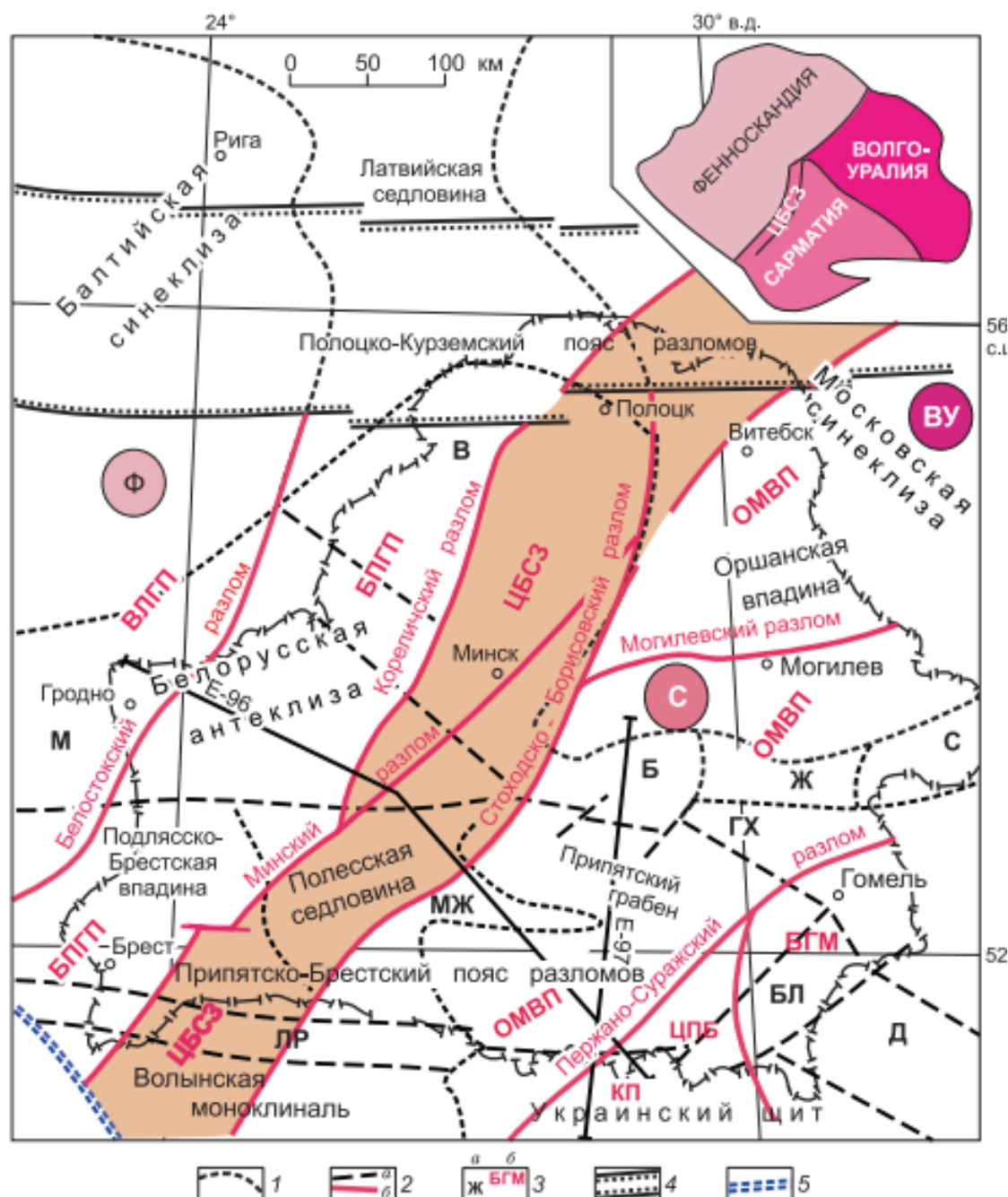
Со среднего плейстоцена территории Беларуси и Польши были охвачены [26] тектонической активизацией с выраженными горизонтальными и вертикальными движениями земной коры, зародившими новую тектоническую структуру – Балтийско-Белорусской синеклизу (ББС), включающую Балтийскую синеклизу, Латвийскую седловину, Белорусскую антеклизу и восток Припятского прогиба и иные образования локального и регионального уровней. Данные структуры могут проявляться как на поверхности фундамента, затрагивать только осадочный чехол, а также быть выраженными в рельефе. На территории ББС наблюдаются следы взаимодействия процессов глубинной тектоники с гляциотектоническим воздействием, выраженные в : изменениях гидрографической сети; вытянутые эрозионные врезы; озоподобные гряды, в т.ч. озы выдавливания; локализация эоловых гряд в зоне проявления активных разрывных нарушений; краевые ледниковые образования, на территории Белорусского Полесья, в т.ч. локализованные в пределах Северо-Припятского, Стоходско-Могилевского и др. разломов; ледниковых отторженцев; складчато-чешуйчатые нарушения; гляциодиапиры.

Предполагается, что гляциоизостатическая нагрузка оледенений могла в некоторой степени влиять на активизацию разломов [26].

О строении Центрально-Белорусской сутурной зоны

Центрально-Белорусская сутурная зона (ЦБСЗ) представляет собой положительную складку с крылом юго-восточного падения от 20° до 25°, сформированную в процессе коллизии Фенноскандинавской и Сарматской плит – крупнейших составных элементов ВЕП, располагается в пределах северо-западной периферии Припятского прогиба. ЦБСЗ формировалась в докембрии. На территории рассматриваемой структуры расположены Полоцко-Курземский и Припятско-Брестский трансформные разломные пояса (рисунок 8).

Кристаллический фундамент ЦБСЗ образован при надвиге гранитно-метаморфических образований Сарматской плиты на Фенноскандию. В процессы коллизии Сарматии и Фенноскандии вовлечены средние и нижние составные элементы земной коры и верхние части мантии. В мантийной литосфере ЦБСЗ присутствуют субдуцированные фрагменты Белорусской океанской плиты.



1 — контуры структур платформенного чехла; 2 — разломы: а — платформенные, б — в фундаменте; 3 — названия структур: а — платформенных: погребенные выступы: Б — Бобруйский, М — Мазурский, МЖ — Микашевичско-Житковичский, С — Суражский, В — Вилейский; ЛР — Луковско-Ратновский горст, Д — Днепровский грабен, БЛ — Брагинско-Лоевская седловина, ГХ — Городокско-Хатецкая ступень; б — фундамента: гранулитовые пояса: ВЛГП — Восточно-Литовский, БПГП — Белорусско-Прибалтийский; гранулитовые массивы: БГМ — Брагинский, ЦБСЗ — Центрально-Белорусская сутурная зона; ОМВП — Осницко-Микашевичский вулканоплутонический пояс, ЦПБ — Центрально-Припятский блок, КП — Коростенский плутон, буквы в кружках — сегменты: Ф — Фенноскандинавский, С — Сарматский, ВУ — Волго-Уральский; 4 — границы Полоцко-Курземского пояса разломов; 5 — краевой шов Восточно-Европейской платформы (линия Тейссейра—Торнквиста); Е-96 и Е-97 — геотрансекты ГСЗ Евробридж-96 и Евробридж-97.

Рисунок 8. Схема основных структур земной коры Беларуси [27]

Влияние неотектонических процессов на развитие древнематериковых оледенений в Белорусском регионе

Неотектонический этап развития территории Беларуси начался после регрессии Харьковского моря и развития континентальных условий осадконакопления. В настоящее время выделяются две стадии неотектонического развития региона:

1. *Первая стадия.* Позднеолигоценовое и неогеновое время, характеризуется активными неотектоническими движениями, затрагивающими древние разломы и проявления соляной тектоники. Юго-восточная часть Беларуси, включая южный борт Припятского прогиба, начали воздыматься в середине плиоцена. На данной стадии неотектонического развития опусканием был затронут юг Беларуси
2. *Плейстоценовая стадия.* Отложения плейстоцена сложены мощными толщами водно-ледниковых образований, а также терригенными породами межледниковья. Плейстоценовая стадия отличается смещением процесса опускания территории Беларуси в северо-западном и западном направлениях.

В процессе наступления ледников происходило гляциоизостатическое опускание территории Беларуси, а при их отступлении оно сменялось гляциоизостатическим воздыманием с амплитудами вертикальных движений до 100 м, что нашло своё отражение в особенностях распределения отложений ледниковой формации, изменениях речной сети, строении аллювиальных толщ и т.д. Данные геодинамические процессы сопровождались активизацией зон древних разломов с появлением новых тектонических нарушений в виде гляциодислокаций, затрагивающих осадочный чехол вглубь до 250 м [28].

Современные движения земной коры на территории Беларуси

Современные движения земной коры на территории Беларуси можно оценивать с точки зрения проявлений *вертикальных и горизонтальных движений*, активности *кольцевых структур и тополинеаментов*.

Расположение Беларуси в пределах древней платформы определяет особенности проявления современных движений земной коры, в частности её малоамплитудных поднятий и опусканий с образованием соответствующих структур с образованием зон разрывных нарушений [29].

Проблема оценки истинных значений *вертикальных и горизонтальных движений* земной коры является несколько дискуссионной [29]. На основании геодезических работ выделяются современные охватывающие преимущественно всю территорию Беларуси нисходящие движения с амплитудой 1,0 – 2,0 мм/год с наличием локальных участков, отличающимися скоростью опускания до 3 мм/год и воздымания до 1 мм/год. Также для региона характерно наличие линейных протяжённых зон с высокими градиентами скоростей движений, превышающих 20 мм/год при сменах направлений движений с течением времени. К настоящему времени рассмотренные вертикальные движения проявились в рельефе, в частности – изменениях гидросети и строении речных долин, особенностях

развития болотных массивов и т.д. Зоны разломов отличаются спрямлёнными контурами форм рельефа. Горизонтальные движения земной коры могут достигать 5,2 см/год проявляясь в изменениях направлений речных долин [29].

Кольцевые структуры характерные для древних платформ выделены и на территории Беларуси, активизация которых проявляется в центробежном и центростремительном изменении контуров гидросетив, изменении количества стариц, распределения эоловых образований.

Тополинеаменты являются протяжёнными структурами, отражающими проявлениями активности разломной тектоники платформенного и доплатформенного этапов формирования, связанные с проявлениями **сейсмичности** от 1 – 2 до 7 баллов.

Геодинамика Припятского прогиба

Герцинская геодинамика Припятского прогиба

Позднепалеозойская геодинамика Припятского прогиба может рассматриваться с точки зрения взаимодействия вращательных, линейных и вертикальных перемещений составных элементов земной коры, затрагивающих как Днепровско-Донецкую впадину, так и смежные регионы, испытывавших влияние горизонтальных напряжений от тектонических структур Восточно-Европейской платформы южного и юго-западного направления [30]. Припятский прогиб сформировался благодаря выраженному одностороннему растяжению земной коры при пассивном протекании процесса рифтогенеза в позднефранское и фаменское время и его активизации на завершающем этапе тектонического развития данной структуры в ранне- средне-каменноугольное время [30]. Начало рифтогенеза было обусловлено формированием внутрикоровой плоскости срыва, который в дальнейшем привёл к образованию сквозного разрушения земной коры выраженного листрического типа, обусловившего дальнейшие геодинамические процессы трансформации геологической среды Припятского прогиба. Завершение процесса рифтогенеза было обусловлено уменьшением теплового потока при пассивном растяжении земной коры региона [30].

Геодинамика рифтового седиментогенеза в Припятском прогибе

Рифтовая стадия развития Припятского прогиба, в процессе которой был образован мощный (6 км) осадочный чехол, сложена из следующих этапов:

1. *Речицко-евлановская ранняя фаза в составе речицкой подфазы тектоно-магматической активизации слабого начального рифтогенеза.* Для данного этапа характерны темпы погружения, изменяющиеся от 2 до 134 м / млн лет с величинами амплитуд движений по разломам достигавших от 10 до 60 м. Скорости погружения в пределах рифта изменялись от 10 до 33 м/млн лет. Для данного временного отрезка характерно накопление туффито-глинисто-мергельной формации мощностью до 70 м [31].

2. *Воронежско-евлановская подфаза слабого начального рифтогенеза* с образованием сульфатно-карбонатной формации мощностью до 320 м, в т.ч. распространением органогенных построек.
3. *Период средней (главной) евлановско-стреишинской фазы активного рассеянного рифтогенеза*, включая евлановско-чернинскую подфазу с образованием двух мощных верхнефранских и среднефаменских соленосных толщ, а также межсолевой сульфатно-терригенно-карбонатной формации, проявлениями вулканизма [31].
4. *Домановичско-петриковская и лебедянско-стреишинская подфазы сосредоточенного рифтогенеза* с темпами погружения от 13 до 480 м/млн лет характеризовалась снижением вулканической активности, образованием терригенно-сульфатно-карбонатной формации, терригенно-карбонатной флишеидной, карбонатной флишеидной, рифогенной биоритмидной, глинисто-карбонатной доманикоидной субформаций.
5. *Заключительная полесская фаза рифтогенеза*, на протяжении которой темпы прогибания снизились до 118-392 м/млн лет с амплитдами перемещений по разломам до 320-470 м при скоростях погружения до 60 м/млн лет. Для данного этапа характерно развитие соляной тектоники, а также формирование карбонатно-терригенной сланценосной формации [31].

Палеогеодинамика девонского магматизма Припятско-Днепровско-Донецкой рифтовой зоны (в контексте развития Припятского прогиба)

Припятско-Днепровско-Донецкая рифтовая зона образована Припятско-Днепровско-Донецким палеорифтом, а также его северным и южными плечами, изменёнными разломной тектоникой содержит следы проявления девонского синрифтового вулканизма. Субмеридиональные зоны пересекающихся разломов над рифтовой областью, образующей Припятский прогиб, являются участками повышенной проницаемости для миграции магмы и проявления вулканизма.

В пределах Припятского прогиба вулканыты локализуются преимущественно на территории Жлобинской седловины, Гомельской структурной перемычке и Северо-Припятской зоне ступеней.

Для региона характерно омоложение фаз вулканизма, а также уменьшение щёлочности пород от ультраосновных до кислых в направлении с севера на юг [32].

Ранняя фаза вулканизма характеризовалась образованием щелочно-ультраосновных трубок взрыва и была обусловлена подъёмом ультраосновных расплавов из магматического очага с интервала глубин от 50 до 80 км, что недостаточно для алмазообразования.

Более поздние фазы вулканизма связаны с гравитационной дифференциацией ультраосновного расплава из очага, локализованного под рифтовой областью, на глубине 35-45 км.

Новейшая активность и флюидодинамика глубинных разломов Припятского прогиба

При изучении геодинамических процессов Припятского прогиба большое значение имеет понимание особенностей пространственного распределения активных на неотектоническом этапе развития региона листрических разломов мантийного и корового проникновения. Указанные типы разломов могут являться путями миграции и перераспределения флюидов в породах фундамента и чехла [33].

Примером крупнейших разрывных структур рассматриваемого региона, имеющих корни в мантии, являются Южно- и Северо-Припятский суперрегиональные разломы. Помимо указанных нарушений, на неотектоническом этапе высокой активностью отличаются Речицко-Вишанский, Червонослободско-Малодушинский, Малыньско-Туровский, Микашевичский, Лоевский, Первомайско-Заозерный Пержанско-Симоновичский региональные разломы [33].

Наибольшие амплитуды неотектонических дислокаций в пределах зон разломов Припятского прогиба достигает 100–150 м и более при наибольших ежегодных изменениях уровня земной коры до 30 мм/год. Активизация и усиление флюидодинамики может проявляться и в возрастании теплового потока (до 80 мВт/м^2), например - Речицко-Вишанский, Червонослободско-Малодушинский разломы [33].

Геодинамика и перспективы нефтегазоносности северного сегмента Полесской кольцевой структуры

Области концентрирования полезных ископаемых часто локализуются в пределах кольцевых структур – изометрических образований диаметром от десятков до тысяч километров. Данные образования имеют различный генезис и возраст происхождения. В пределах Припятской нефтегазоносной области, расположенной на территории Припятского прогиба, выделяется Полесская кольцевая структура диаметром порядка 260 км, выраженная в рельефе элементами ландшафта, в т.ч. элементами долин рек Припяти, Ствиги, Уборти и др. Северная часть данной структуры расположена в районе Внутреннего грабена Припятского прогиба, центральная её часть образована Овручской грабен-синклиналью. Мощность земной коры в пределах Полесской кольцевой структуры меньше (35–40 км) по сравнению с прилегающими территориями (50–55 км).

Формирование данной структуры началось с архея, она активно развивалась герцинскую эпоху складчатости на фоне развития процессов рифтогенеза в своей северной части. Геодинамические процессы в недрах Полесской кольцевой структуры начали постепенно замирать к позднеолигоцен-четвертичному времени, проявляясь в виде восходящих движений.

В пределах Полесской кольцевой структуры согласно концепции неорганического генезиса нефти выделяются Новорудненская, Буйновичско-Наровлянская и Сколодинская зоны потенциального нефтегазонакопления [34].

Предполагается, что кольцевые линеаменты, находящиеся в пределах рассматриваемой структуры, являются путями миграции флюидов, а мощный осадочный чехол, трансформированный пликативными и дизъюнктивными деформациями создаёт предпосылки для потенциального нефтенакопления.

Геодинамика Старобинского месторождения калийных солей

Процес разработки месторождений сильвинита по всему миру осложняется пликативными и дезъюнктивными деформациями эвапоритовой формации, газодинамическими явлениями, проявлениями сейсмизма опасностями выщелачивания пород и др. неблагоприятными факторами, которые часто приводят к затоплению рудников. Геодинамика Старобинского месторождения калийных солей в настоящее время рассматривается преимущественно в контексте блоково-пликативной модели строения. К настоящему времени сложилось несколько точек зрения, объясняющих особенности протекания геодинамических процессов, в частности – объясняющие активность разломов в северо-западной части Припятского прогиба и Старобинского месторождения:

1. При использовании данных систематического сверхточного нивелирования и GPS технологий на отдельных участках рассматриваемого региона были зафиксированы подвижки по разломам до 3 см/год, свидетельствующие о их большой активности на территории Старобинского месторождения. О том же может свидетельствовать различия в мощности осадочных пород кайнозоя на различных блоках, слагающих месторождение и его локализация в области с потенциально неблагоприятной в сейсмическом отношении
2. На основании материалов сейсмического профилирования можно предположить, что дизъюнктивные нарушения целостности пород Припятского прогиба не нашли проявления в мезо-кайнозойских образованиях и затухают в соленосной и низах глинисто-мергельных толщ, а исследованные тектонические движения в регионе имеют колебательный характер, характерный для земной поверхности в целом [35].

Газодинамические явления на месторождениях калийных солей

Газодинамические явления (ГДЯ) представляют собой внезапные выбросы больших объёмов породы и газов, достигавших 100 000 т в руднике Менценграбен (Германия) [36], в горные выработки в процессе разработки эвапоритовой формации, происходившие на глубинах 270–1100 и более метров. Частота и интенсивность проявления ГДЯ может возрастать при увеличении глубины отработки. Указанные инциденты фиксировались с XIX в. Большинство ГДЯ приурочено к участкам месторождений, неподалёку от молодых тектонических нарушений, с широким проявлением вторичного метаморфизма калийных пород под воздействием термальных вод, а также в локальных линзоподобных зонах замещения пластов сильвинита каменной солью и глиной. ГДЯ могут отмечаться как в пластах сильвинита, так и вторичного сильвинита, карналлитах, пластах

галита, преобразованных складчатыми деформациями или перекристаллизованным.

Химический состав газов, выделяемых при ГДЯ зависит от особенностей вторичного изменения пластов и может содержать CO, N₂, CH₄, O₂, Ar.

На территории Припятского прогиба ГДЯ начали регистрироваться с момента начала разработки Старобинского месторождения. Газы, выделяющиеся в результате протекания указанных событий содержат преимущественно N₂ и CH₄. Основное количество ГДЯ, зарегистрированных на объектах ПО «Беларуськалий» локализованы в мульдоподобных объектах, объём выброшенной породы достигает более 100 тонн [36].

Блуждающие рассолы соляных месторождений

Месторождения полезных ископаемых, связанных с эвапоритовой формацией, распространённые в пределах Припятского прогиба и других схожих по генезису геологических структур, крайне уязвимы в процессе разработки к поступлению больших объёмов воды в горные выработки. Одной из причин затопления калийных рудников, выщелачивания соляных куполов, инверсия соляных пород в зонах разломов и т.д. явления соляного карста [37] могут быть блуждающие рассолы эвапоритовых формаций. В настоящее время источниками происхождения данных субстратов являются водные массы, высвобождающиеся из рассолов, присутствующие также в рапе соленосных формаций, находящихся на различных стадиях литогенеза. Рассолы изменяют свои химические свойства при латеральной или вертикальной миграции через поры и трещины, взаимодействуя с окружающими породами эвапоритовой формации в процессе перемещения из областей высокого давления к более низкому образуя «рассольные пузыри», способные к ускоренному растворению продуктивных толщ и затоплению рудников. Рассольные пузыри имеют слоистое строение, предположительно содержат газовую и жидкую фазы, их состав постоянно изменяется в зависимости от состава вмещающих и растворяемых пород, через которые они перемещаются

Изменение фильтрационных характеристик пород-коллекторов при снижении пластового давления на залежах нефти Припятского прогиба

Дебит нефтяных скважин обусловлен фильтрационными характеристиками и состоянием призабойной зоны пластов. Проницаемость коллекторов, может ухудшаться при глубоком проникновении бурового раствора в призабойную область, осаждении парафина, солей и т.д., а также изменениях напряжённого состояния пластов в процессе продолжающейся разработки месторождения [38]. Изменения проницаемости пород при откачке нефти обуславливаемые процессами, действующими на скелет пород коллекторов, испытывающих воздействие горного и пластового давления приводят к упругому расширению зёрен породы, их перегруппировке, дроблению; трещины, типичные для коллекторов карбонатных пород, сжимаются. Часто описанные процессы

приводят к необратимым ухудшениям проницаемости, особенно хорошо проявляющимся в призабойной зоне эксплуатационных скважин.

Для профилактики ухудшения фильтрационно-ёмкостных показателей пластов и поддержания проницаемости, оптимальной для разработки месторождений нефти необходимо сохранение пластового давления близкого к величинам, характерным для начала эксплуатации.

Например, величина оптимального пластового давления Ново-Кореневского месторождения Припятского прогиба, должна быть не менее 26,6 МПа [38].

К проблеме определения мест локализации остаточных запасов нефти межсолевой залежи Осташковичского месторождения

Оценка объёмов и определение участков локализации остаточных запасов нефти является крайне актуальной прикладной задачей нефтяной геологии. Примером решения данной задачи является межсолевая залежь Осташковичского месторождения. Для ответа на поставленные вопросы создавалась геолого-геодинамическая модель распределения и инфильтрации нефти и воды в пластах в период с 1.01.2012 по 1.01.2021 [39], содержащая информацию о пористости коллекторов в процессе разработки месторождений на упруго-водонапорном и с искусственным поддержанием пластового давления. Было установлено, что скорость сегрегации (разделения водной и нефтяной оставляющих залежи) на разных участках месторождения во время его эксплуатации не является постоянной величиной, что определяет неоднородность извлечения нефти из резервуара. Было установлено, что на неоднородность процесса локализации остаточных запасов нефти оказывает влияние и геологическое строение пород – коллекторов.

Инженерно-геологические проблемы объектов нефтедобывающей промышленности в Гомельской области Беларуси

Примером исследования инженерно-геологических проблем, связанных с нефтедобычей стали исследовательские работы на Речицком месторождении нефти с воронежским, саргаевским и семилукским преимущественно карбонатно-глинистыми промышленными нефтеносными горизонтами, отличающимися повышенной макро- и микротрещиноватостью.

В процессе изучения геодинамики отрабатываемого месторождения нефти на основании результатов повторного нивелирования II класса, учёта суммарных объёмов добываемой нефти и закачки технической воды в пласты, была установлена взаимосвязь с вертикальными движениями земной коры [40] в пределах месторождения. Так, в окрестностях скважин, отличающихся большим объёмом извлекаемой нефти, зарегистрированы опускания территории в радиусе нескольких километров до 9 мм в год. При закачке в отрабатываемые горизонты технических вод можно добиться как компенсации опускания, так и локального подъёма земной поверхности.

Сопряженный анализ осадочного выполнения и развития тектонических структур в период формирования калиеносной субформации в центральной зоне Припятского палеорифта

Припятский палеорифт имеет в своей основе кору континентального типа с осадочным заполнением. Эвапоритовые образования бассейна сложены карбонатными, сульфатными, легкорастворимыми солями и терригенными породами. Рельеф кристаллического фундамента, соляная тектоника и соляной карст обусловили особенности формирования структурного плана среднефаменной эвапоритовой формации. Строение разрезов калийных горизонтов Припятского прогиба, например, в пределах Петриковского месторождения сильвинита, контролировалось геоморфологией дна водоёма и тектоникой, характерными для момента их седиментации.

Сильвинит-галитовые пласты в Припятском прогибе часто приурочены к обширным впадинам конседиментационного происхождения, ограниченными структурообразующими разломами. Для приосевых частей синклиналей характерно увеличение мощности пластов галита и галопелитов. Для рассматриваемой территории характерны процессы синхронного осадкообразования различных литофациальных толщ в зависимости от рельефа дна.

Геологическое строение калийных горизонтов изменяется в субмеридиональном направлении – вкрест простираения крупных тектонических элементов изучаемого региона. Для центральной части Припятского прогиба характерно возрастание глинистой и убывание сульфатно-карбонатной составляющих разрезов в направлении с запада на восток. Указанная закономерность характерна также для отрицательных структур.

Следы проявления геодинамических процессов – горизонтальные и вертикальные движения, изменения режима поступления осадочного материала с питающих провинций Припятского прогиба отражаются в строении осадочного чехла региона (появление включений сильвинита и карналлита в калиеносной субформации центральной зоны ПП и др.) [41].

О связи геодинамического режима и минерагенической специализации Припятского прогиба

Припятский прогиб является примером внутриконтинентального осадочно-породного палеобассейна, характеризующегося деструктивно-дивергентным геодинамическим режимом [42]. По минерагеническому районированию, рассматриваемая структура, классифицируемая как Припятская минерагеническая зона, относится к Припятско-Донецкой провинции Восточно-Европейской минерагенической страны.

Полезные ископаемые осадочного чехла Припятского прогиба по особенностям минерагении можно классифицировать как: 1) ведущие – месторождения галита и сильвинита; 2) второстепенные – бурый уголь, горючие

сланцы, газ, калийно-магниевые соли, гипс и боксит-даунсонитовые руды; 3) предполагаемые – уран, медь, редкоземельные металлы и др.

Ведущие полезные ископаемые Припятского прогиба сформировались в пределах внутриконтинентальной впадины в деструктивно-дивергентных геодинамических обстановках. Во время главной фазы рифтообразования возникали оптимальные условия для образования галоидной формации. Нефтегазопроявление в Припятском прогибе и процессы дифференциации также связаны с окончанием основной фазы рифтогенеза [42].

Неогеодинамические закономерности радионуклидного загрязнения Слигорского горнопромышленного района

Специалистами научно-производственного республиканского унитарного предприятия «Космоаэрогеология» были выявлены «энергоактивные зоны литосферы» в Беларуси. Указанные структуры отличаются от геологического окружения активизацией геодинамических процессов, резко выраженным отличием химического состава, физико-химических характеристик ландшафтов, выраженными процессами формирования месторождений полезных ископаемых. Данные структуры отличаются интенсивным тепловым потоком и повышенной проницаемостью литосферы [43]. Энергоактивные объекты литосферы геологического прошлого представлены месторождениями полезных ископаемых, рудными районами и т.д. геологическими образованиями.

Рассматриваемые структуры выделяются как в процессе геологической съёмки, так и методов дистанционного зондирования, в частности – обработки многозональных космических снимков.

При анализе дифференциации радионуклидов, попавших в геологическую среду после аварии ЧАЭС, установлено что, для энергоактивных зон литосферы характерно избирательное накопление радионуклидов [43], в частности, было установлено, что области их локализации тяготеют к зонам высокоамплитудных активных разломов, связанных с новейшим тектоногенезом.

Например, в Минской области наибольшим радиоактивным загрязнением отличаются Солигорский и Воложинский районы.

На территории Солигорского горнопромышленного района, подвергшейся радиоактивному загрязнению аварии на ЧАЭС, РНТЦ «Экомир» проводила гамма-съёмку при помощи комплекса «Макфар-2» с построением карты плотности загрязнения (от 0,5 до 5-6 Ки/км²) ¹³⁷Cs и ⁴⁰K в процентах, а также мощности экспозиционной дозы, изменяющейся от 20 до 90 мкр/час. Исследованная территория подразделяется по росту степени загрязнения на центральную, северную и южную площади. Юго-западная часть Солигорского промышленного района, расположенная над Ржанским блоком фундамента, поблизости Полесской седловины, характеризуется наибольшей плотностью загрязнения, до 5 Ки/км².

Взаимосвязь энергоактивных зон литосферы с гидрографической сетью в контексте особенностей дифференциации ⁴⁰K, связанного с производственной деятельностью ПО «Беларуськалий» требует дальнейшего изучения.

Вовлечение в активное народнохозяйственное использование территорий, загрязнённых радионуклидами, способно расширить области неблагоприятного экологического риска для населения за счёт интенсификации миграции химических элементов.

Для речных долин характерно с одной стороны активное вымывание радионуклидов из зоны гипергенеза, в частности, из руслового аллювия, с другой стороны их аккумуляция характерна для пойменного и старичного аллювия с последующим проникновением химических элементов в нижние горизонты осадочного чехла. Отрицательные формы рельефа, не имеющие стока в реки также отличаются аккумуляцией радионуклидов по причине плоскостного сноса [42].

Тепловое поле Беларуси

Фрагменты крупнейших литосферных блоков – Фенноскандийского, Сарматского и Волго-Уральского, в области сочленения которых находится территория Беларуси составляют область, в пределах которой формируется тепловое поле Беларуси. Неоднородность теплового поля обусловлена особенностями геологии территории, в частности – блоковым строением земной коры, особенностями формирования фундамента и осадочного чехла, протекающими геодинамическими процессами в недрах страны. Источниками геотермальной энергии являются радиоактивный распад, тектонические процессы, гравитационная дифференциация вещества, физико-химические процессы в недрах Земли и т.д. [44].

Тепловое поле Припятского прогиба. Геотермия подземной гидросферы Припятского прогиба

Припятский прогиб является наиболее изученной в геотермическом отношении регионом Беларуси – более 250 термограмм скважин. Существуют карты [44, 45] распределения температур на глубинах 2-4 км и изменений теплового потока. Тепловое поле рассматриваемого региона неоднородно. Распределение температур по горизонтам сильно различается и не имеет прямой взаимосвязи с увеличением глубины, часто обусловлено особенностями тектоники, локализации разломов, а также такими субъективными факторами как плотность сети скважин, их глубин и т.д.

Плотность теплового потока на севере изучаемого региона в центральных частях соляных куполов достигает 110 мВт/м^2 , на севере – 80 мВт/м^2 , на западе и юге – до 40 мВт/м^2 . На изменение теплового потока в Припятском прогибе большое влияние оказывают структуры, обусловленные проявлением соляной тектоники. Для региона характерно увеличение температуры в направлении от его южного к северному бортам. Так, например, в пределах криптодиапира Тишковской площади тепловой поток достигает 100 мВт/м^2 и уменьшается за его пределами. Области локализаций месторождений нефти отличаются тепловым потоком порядка 55 мВт/м^2 .

Месторождения нефти характеризуются значениями теплового потока, достигающими 55-75 мВт/м². Основные месторождения нефти располагаются в пределах Малодушинского, Речицко-Вишанского и Северного бортового разломов [44, 45].

Подземные воды являются крайне подвижным и теплоёмким мигрирующим агентом крайне распространённым особенно в породах осадочного чехла Припятского прогиба, осуществляющим обмен тепла в контексте геодинамических явлений, протекающих в недрах региона. Распределение температур в подземной гидросфере на различных горизонтах нелинейное и возрастает с глубиной, заключается в возрастании с глубиной, обуславливается геологическим строением, особенностями гидродинамики и теплопереноса в недрах региона и др.

Воздействие подземных вод на теплоперенос в рассматриваемом регионе более всего выражено преимущественно в верхних горизонтах осадочного чехла и проявляется в зоне интенсивного водообмена и областях, отличающихся повышенной проницаемостью пород кристаллического фундамента. Тепловой поток возрастает на участках с интенсивным водообменом, уменьшается в областях разгрузки подземных вод. Радиогенная теплогенерация [44, 45] также может оказывать влияние на изменение температуры подземной гидросферы региона.

Тектонические явления Припятского прогиба

Новейшие геодинамические явления Припятского прогиба

К новейшим геодинамическим явлениям Припятского прогиба можно отнести вертикальные и горизонтальные движения, проявляющиеся на его территории и обусловленные историей геологического развития. Разломная тектоника территории обуславливается присутствием очагов повышенной трещиноватости, сопровождающая области разуплотнения земной коры. Вертикальные и горизонтальные движения земной коры Припятского прогиба проявляются на поверхности в виде крупных эрозионных врезов, положительных и аккумулятивных форм рельефа, определяли особенности формирования речных долин и водосборов [46].

Новейшая тектоника и геодинамика Припятского прогиба

В результате комплекса геологических работ, проведенных на территории Припятского прогиба, было установлено, что в ряде случаев обнаружена взаимосвязь Речицкого и Червонослободского разломов с участками локального разуплотнения земной коры, охватывающих нижние части осадочного чехла и кристаллического фундамента в виде очагов повышенной трещиноватости. Новейшие тектонические движения на территории Припятского прогиба проявились на дневной поверхности в виде эрозионных врезов, определяли особенности дифференциации аллювия, проявления карста, гляциодислокаций и

др. В настоящее время в регионе известно более 300 поднятий неотектонической природы, с относительной высотой от 0 до 30 м [47].

В настоящее время на территории Припятского прогиба выделяются следующие группы проявления форм рельефа, обусловленные новейшей тектоникой:

1. Локальные поднятия в пределах Белорусского Полесья.
2. Тектонические ступени малых амплитуд, сохраняющие активность со времени палеозоя – Шестовичско-Склодинскую, Наровлянско-Ельскую ступени и структуры, ограниченные Южно Днепровским и Южно-Припятским разломами. На местности указанные структуры могут образовывать элементы бортов долин рек [47].

Роль соленосных формаций и соляной тектоники в формировании структуры месторождений полезных ископаемых платформенного чехла Припятского прогиба

Осадочный чехол Припятского прогиба, мощностью до 6 км, содержит две соленосные формации – верхнефранскую и фаменскую. Указанные эвапоритовые толщи разделяются межсолевой нижнефаменской толщей. В рассматриваемом регионе широкое развитие получили процессы соляной и разломной тектоники, обусловившие как образование, так и разрушение залежей нефти в подсолевой и межсолевой толщах. Распространение получили тектонически экранированные залежи, в т.ч. пластами соленосных пород.

Широкое распространение мелкоблоковой тектоники в подсолевом комплексе Внутреннего грабена Припятского прогиба существенно уменьшает нефтесборные площади и способствует рассеиванию углеводородов. Данное обстоятельство объясняет локализацию крупных месторождений нефти в Северной зоне ступеней.

В надсолевом комплексе в настоящее время месторождений нефти не обнаружено вероятнее всего по причине её малой глубины залегания, до 3 км, вне главной зоны нефтеобразования, а также по причине эффективного экранирования нижележащими соленосными толщами.

Крупные массивы каменной соли мощностью до 3 км связаны с галокинезом. Помимо галита, соляная тектоника обусловила и распределение залежей бурого угля, а также давсонита, образование кор выветривания и т.д., в т.ч. в формациях карбона. Данные полезные ископаемые образовывались в компенсационных отрицательных формах рельефа, возникавших при перераспределении масс соли при галокенезе и развитии процессов карста.

Разломная тектоника региона определила и образование залежей сильвинита фаменского возраста в глинисто-галитовой подтолще на западной периферии Припятского прогиба [48].

Соляная тектоника Припятского прогиба

Породы эвапоритовой формации обладают выраженной способностью к пластичным деформациям под воздействием тектоники в результате чего образуются первичные и вторичные компенсационные мульды, соляные подушки, соляные купола, диапириды, криптодиапиры и т.д. образования осадочного чехла, интересные с точки зрения поисков месторождений нефти и газа. Причины проявления соляной тектоники - возрастание пластового давления вышележащих осадочных толщ, вертикальные и горизонтальные тектонические движения на территории Припятского прогиба.

На дневной поверхности проявления соляной тектоники особенно заметны в изменении контуров речных долин особенно на юго-западной периферии рассматриваемой структуры.

В Припятском прогибе данное явление проявляется в двух соленосных формациях позднефранского и позднефаменского времён [49], сформировавшихся на этапе активного проявления рифтогенеза. Само проявление соляной тектоники связано с постседиментационными изменениями осадочного чехла. Рассматриваемое явление наблюдается преимущественно в пластах мощностью более 50 м. На развитие соляной тектоники большое влияние оказывает увеличение концентрации соли в пластах, их преобразованность дизъюнктивными дислокациями, глубина залегания и т.д. Проявление соляной тектоники в Припятском прогибе наиболее активно проявилось в его более глубоководных в палеогеографическом частях с разрезами, содержащими малоциклические отложения соли верхнефранского и верхнефаменского возраста на постседиментационном этапе. Крупные геологические образования в виде соляных поднятий, валов, мульд и т.д. структур имеют северо-западное и субширотное простирание, часто граничат с проявлениями блоковой тектоники Припятского прогиба [49].

Интенсивность проявления соляной тектоники связана со скоростью осадконакопления, особенностями циклических колебательных тектонических движений в пределах региона.

Сейсмогенерирующие структуры и зоны возникновения очагов землетрясений на территории Беларуси

Оценка перспектив локализации землетрясений на территории Беларуси производится при изучении сейсмогенерирующих структур региона, сейсмическое районирование которого возможно в основном при сопоставлении результатов изучения недр Беларуси с материалами систематического сейсмического мониторинга. Результатом проведения вышеперечисленных исследований стало выделение зон возникновения очагов землетрясений (ВОЗ).

На территории Беларуси, относящейся к слабосейсмичным областям Восточно-Европейской платформы, при изучении материалов геологических и геофизических исследований, в частности, оценки проявления геодинамических процессов, включающих в себя также результаты расчётов уровней проявления

сейсмической активности были выделены следующие ВОЗ: Ошмянская зона; Минская зона; Северо-Припятская зона; Южно-Припятская зона [50].

Сейсмическая активность и проблемы сейсмотектоники Припятского прогиба

Сейсмотектоника Припятского прогиба определяется как геодинамикой самой структуры, так и геодинамическими процессами, происходящими в его геологическом обрамлении. В пределах зоны сочленения Белорусской антеклизы и северо-запада Припятского прогиба ежегодно может регистрироваться до полусотни сейсмических событий энергетического класса 4—9 [51]. Наблюдаемая сейсмическая активность может объясняться высокой активностью разломов Припятского прогиба.

К настоящему времени территория Припятского прогиба относится к Припятской нелинейной надзоне, отличающейся проявлениями наибольшей сейсмической активности на территории Беларуси [51]. Данное образование сложено Северо-Припятской, Центрально- и Южно-Припятскими зонами, выделяемыми на основании анализа геологических данных и геофизического мониторинга.

Проявление сейсмичности в северо-западной части Припятского прогиба в контексте техногенной сейсмичности при разработке калийных месторождений

Систематический сейсмический мониторинг Припятского прогиба, в частности – территории Солигорского горнопромышленного района осуществляемый с 1983 г. позволил зарегистрировать более 1100 сейсмических событий интенсивностью 4—5 баллов, отличающимися преимущественно малыми глубинами их зарождения и преимущественно небольшим радиусом зоны сотрясений – порядка 1 – 2 км [52]. Наблюдаемые проявления сейсмичности обусловлены процессами нарушения геодинамического равновесия [52], перераспределения значительных объёмов горных пород в процессе эксплуатации месторождения, особенностями гидрогеологии района, особенностями тектонического режима региона в целом. Фактически в недрах рассматриваемой территории образуются деформации сдвигового и растягивающего характера.

Эпицентры сейсмических событий тяготеют к Стоходско-Могилевскому суперрегиональному разлому, сохранившего активность на платформенном этапе, который вместе с Северо-Припятским обуславливает дизъюнктивную неотектонику Старобинского месторождения калийных солей.

Рассматриваемые явления можно рассматривать как техногенную сейсмичность, возникающую при разработке месторождений калийных солей, типичные для большинства схожих рудников всего мира. Для проявлений рассматриваемых событий характерны горно-тектонические удары с последующим разрушением горных выработок, нарушения естественного залегания геологических тел, образование трещин и отрицательных форм рельефа

на дневной поверхности. Техногенная сейсмичность локализуется в районах интенсивной подземной разработки полезных ископаемых, интенсивность землетрясений может превышать 5 баллов.

Помимо регистрируемых относительно малых по интенсивности сейсмических событий явно техногенного происхождения, на территорию Припятского прогиба отмечаются также более энергетические явления, вероятнее всего связанные с землетрясениями транзитного характера.

Заключение

В настоящем пособии сформированы сведения о методах, используемых при изучении геодинамических процессов в геологической среде Припятского прогиба и смежных территорий; рассмотрено геологическое строение Припятского прогиба в контексте его частной и региональной геодинамики; особенности прогнозирования геодинамических процессов в регионе. Также обобщены знания, полученные при изучении учебных дисциплин «Геотектоника», «Геология Беларуси и смежных стран», а также с предметами: «Геотермия» и «Спутниковые технологии в геодинамике».

Список литературы

1. Махнач А. А. Введение в геологию Беларуси. Мн.: Ин-т геол. наук НАН Беларуси, 2004. 198 с.
2. Геология Беларуси. Мн.: Ин-т геол. наук НАН Беларуси, 2001. 815 с.
3. Ковхута А. М. Современные инновационные технологии изучения и использования недр Республики Беларусь // Инновации в геологии и освоении недр: Материалы VI Университетских геологических чтений, Минск, 6–7 апр. 2012 г. / редкол.: В. Н. Губин [и др.]. Мн.: БГУ, 2012. С. 4-7.
4. Мамчик С. О. Инновационное развитие геологоразведочной отрасли Республики Беларусь в 2011—2015 гг // Инновации в геологии и освоении недр: Материалы VI Университетских геологических чтений, Минск, 6–7 апр. 2012 г. / редкол.: В. Н. Губин [и др.]. Мн.: БГУ, 2012. С. 14-15.
5. История и методология геологических наук. Конспект лекций : электронный учебно-методический комплекс для специальности: 1-51 01 01 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» / БГУ, Фак. географии и геоинформатики, Каф. региональной геологии ; сост.: Д. Л. Творонович-Севрук, О. В. Лукашёв. Мн.: БГУ, 2020. 134 с.
6. Парначёв В.П. Основы геодинамического анализа: учебное пособие. Томск: Изд-во НТЛ, 2011. 308 с.
7. Абламейко С. В. и др. Мониторинг процессов деформации земной поверхности на основе высокоточных методов дифференциальной спутниковой интерферометрии // Современные проблемы геологии: университетские научные чтения, посвященные 60-летию открытия Старобинского месторождения калийных солей. Минск 3–4 апр. 2009 г. / Под общ. ред. Э. А. Высоцкого, В. Н. Губина, М. Е. Комаровского, О. В. Лукашёва, Д. Л. Твороновича-Севрука. Мн.: БГУ, 2009 , Т.2. С. 160-162.
8. Микляев П. С. и др. Опыт индикации геодинамически активных зон эманационным методом // Проблемы региональной геологии и поисков полезных ископаемых: материалы VII Университетских геол. чтений, 4–6 апр. 2013 г., Минск, Беларусь / редкол. М. А. Журавков (гл. ред.), И. И. Пирожник (зам. гл. ред.); А.Ф. Санько (отв. ред.) [и др.]. Мн.: БГУ, 2013. С. 31-32.
9. Журавков М. А., Губин В. Н., Ковалев А. А. и др. Возможности мониторинга геодинамических процессов на основе GPS-измерений на сверхдлинных линиях // Современные проблемы геологии: университетские научные чтения, посвященные 60-летию открытия Старобинского месторождения калийных солей. Минск 3–4 апр. 2009 г. / Под общ. ред. Э. А. Высоцкого, В. Н. Губина, М. Е. Комаровского, О. В. Лукашёва, Д. Л. Твороновича-Севрука. Мн.: БГУ, 2009. С. 4-6.
10. Айзберг Р. Е. Проблемы опережающих исследований и научного сопровождения нефтегазописковых работ в Беларуси // Геотектоника и минеральные ресурсы Беларуси.матер. Университетских чтений “Геотектоника и минеральные ресурсы Беларуси”, посв. 100-л. со дн. рожд. д. г-м н. А. А. Махначоу. Мн.: БГУ, 2008. С. 17-18.
11. Карабанов А. К. Неотектонические исследования территории Беларуси: современное состояние и перспективы развития // Геотектоника и минеральные ресурсы Беларуси..матер. Университетских чтений “Геотектоника и минеральные ресурсы Беларуси”, посв. 100-л. со дн. рожд. д. г-м н. А. А. Махначоу. Мн.: БГУ, 2008. С. 26-27.
12. Еловичева Я.К. Вопросы неотектоники в курсе лекций по дисциплине «Проблемы физической географии» на географическом факультете БГУ // Геотектоника и минеральные ресурсы Беларуси: Материалы Университетских 51 чтений к 100-летию со дня рождения профессора З.А. Горелика, 4-5 апреля 2008 г., Минск, БГУ. Мн.: БГУ, 2008. С. 33-37
13. Михайлов В. И. Изучение современных вертикальных движений земной коры с помощью инновационных технологий // Современные проблемы геологии: университетские научные чтения, посвященные 60-летию открытия Старобинского месторождения калийных солей. Минск 3–4 апр. 2009 г. / Под общ. ред. Э. А. Высоцкого, В. Н. Губина, М. Е. Комаровского, О. В. Лукашёва, Д. Л. Твороновича-Севрука. Мн.:БГУ, 2009. С. 78-79.
14. Каратаев Г. И., Мясников О. В. Тектонофизический мониторинг Беларуси // Инновации в геологии и освоении недр: Материалы VI Университетских геологических чтений, Минск, 6–7 апр. 2012 г. / редкол.: В. Н. Губин [и др.]. Мн.: БГУ, 2012. С.83-85.
15. Самодуров В. П. Методы количественной литологии для корреляции разрезов и изучения рудных тел // Геотектоника и минеральные ресурсы Беларуси..матер. Университетских чтений “Геотектоника и минеральные ресурсы Беларуси”, посв. 100-л. со дн. рожд. д. г-м н. А. А. Махначоу. Мн.: БГУ, 2008. С. 31-33.
16. Лапте́нок С. А., Чжао В. Пространственное моделирование геоэкологических факторов // Современные проблемы геологического картирования: материалы X Университетских геол. чтений, 14 15 апр. 2016 г., Минск, Беларусь / В.И. Зуй (отв. ред.) [и др.]. Мн.: БГУ, 2016. С. 88-89.
17. Коркин В. Д., Азаренко А. Ф., Крючок А. А. Аппаратно-программный комплекс геологических данных в системе геоинформационных технологий // Инновации в геологии и освоении недр: Материалы VI Университетских геологических чтений, Минск, 6–7 апр. 2012 г. / редкол.: В. Н. Губин [и др.]. Минск: БГУ, 2012. С.5.
18. Журавков М. А. и др. Геодинамика Старобинской центриклинали Припятского прогиба. Белорусский государственный университет. Мн.: БГУ, 2015. 149 с.
19. Губин В. Н. Гляциотектоническая основа поисков полезных ископаемых // Актуальные проблемы геологии и поисков месторождений полезных ископаемых: Материалы V Университетских геологических чтений. Мн.: БГУ, 2011. С. 58-59.
20. Кручек С. А., Обуховская В. Ю., Саченко Т. Ф. и др. О буровой изученности девонских отложений Северо-Припятского плеча в связи с перспективами поисков полезных ископаемых // Актуальные проблемы геологии и поисков месторождений полезных ископаемых: Материалы V Университетских геологических чтений. Мн.: БГУ, 2011. С. 28-30.
21. Гарецкий Р. Г., Каратаев Г. И., Айзберг Р. Е. и др. Космотектоническая карта Беларуси // Проблемы региональной геологии и поисков полезных ископаемых: материалы VII Университетских геол. чтений, 4–6 апр. 2013 г., Минск, Беларусь / редкол. М. А. Журавков (гл. ред.), И. И. Пирожник (зам. гл. ред.); А.Ф. Санько (отв. ред.) [и др.]. Мн.: БГУ, 2013. С. 8-10.
22. Гарецкий Р. Г., Каратаев Г. И. Разломы литосферы и экологическое картирование Беларуси // Современные проблемы геологического картирования: материалы X Университетских геол. чтений, 14 15 апр. 2016 г., Минск, Беларусь / В.И. Зуй (отв. ред.) [и др.]. Мн.: БГУ, 2016. С. 24-26.
23. Василёнок Е. А. Прогнозирование нефтеносных структур в пределах Гировской площади Припятского прогиба по данным сейсморазведки // Актуальные вопросы инженерной геологии, гидрогеологии и рационального

- недропользования: материалы IX Университетских геол. чтений, 3 апр. 2015 г., Минск, Беларусь / редкол. М. А. Журавков (гл. ред.), гл. ред.); А.Ф. Санько (отв. ред.) [и др.]. Мн.: БГУ, 2015. С. 13-14.
24. Гарецкий Р. Г., Каратаев Г. И. Геолого-геофизическая модель зоны сочленения Сарматии и Волго-Уралии // Проблемы региональной геологии и поисков полезных ископаемых: материалы VII Университетских геол. чтений, 4–6 апр. 2013 г., Минск, Беларусь / редкол. М. А. Журавков (гл. ред.), И. И. Пирожник (зам. гл. ред.); А.Ф. Санько (отв. ред.) [и др.]. Мн.: БГУ, 2013. С. 5-7.
25. Макеев В. М., Суханова Т. В., Дорожко А. Л. и др. Структурно-геодинамическая зональность Запада Восточно-Европейской платформы // Проблемы региональной геологии и поисков полезных ископаемых: материалы VII Университетских геол. чтений, 4–6 апр. 2013 г., Минск, Беларусь / редкол. М. А. Журавков (гл. ред.), И. И. Пирожник (зам. гл. ред.); А.Ф. Санько (отв. ред.) [и др.]. Мн.: БГУ, 2013. С. 22-21.
26. Карабанов А. К. О влиянии неотектонических и гляциотектонических процессов на формирование толщи плейстоценовых отложений и рельефа Беларуси и Польши // Проблемы региональной геологии Беларуси : IV Университетские геологические чтения, посвящ. 15-летию кафедры динамической геологии БГУ. Минск, 2–3 апр. 2010 г. / редкол. : Э. А. Высоцкий [и др.]; под. ред. проф. Э. А. Высоцкого. Мн.: БГУ, 2010. С. 18-19.
27. Гарецкий Р. Г., Каратаев Г. И. О строении Центрально-Белорусской сутурной зоны // Проблемы региональной геологии Беларуси : IV Университетские геологические чтения, посвящ. 15-летию кафедры динамической геологии БГУ. Минск, 2–3 апр. 2010 г. / редкол. : Э. А. Высоцкий [и др.]; под. ред. проф. Э. А. Высоцкого. Мн.: БГУ, 2010. С. 21-23.
28. Колпашиников А. Г. Влияние неотектонических процессов на развитие древнематериковых оледенений в Белорусском регионе // Современные проблемы геологического картирования: материалы X Университетских геол. чтений, 14 15 апр. 2016 г., Минск, Беларусь / В.И. Зуй (отв. ред.) [и др.]. Мн.: БГУ, 2016. С. 75-77.
29. Матвеев А. В. Современные движения земной коры на территории Беларуси // Проблемы региональной геологии Беларуси : IV Университетские геологические чтения, посвящ. 15-летию кафедры динамической геологии БГУ. Минск, 2–3 апр. 2010 г. / редкол. : Э. А. Высоцкий [и др.]; под. ред. проф. Э. А. Высоцкого. Минск: БГУ, 2010. С. 15-16.
30. Айзберг Р. Е., Старчик Т. А. Синрифтовая геодинамика Припятского прогиба. – Мн.: Беларуская навука, 2009. 146 с.
31. Конищев В. С., Яшин И. А. Геодинамика рифтового седиментогенеза в Припятском прогибе // Инновации в геологии и освоении недр: Материалы VI Университетских геологических чтений, Минск, 6–7 апр. 2012 г. / редкол.: В. Н. Губин [и др.]. Мн.: БГУ, 2012. С. 19-21.
32. Конищев В. С. Палеогеодинамика девонского магматизма Припятско-Днепровско-Донецкой рифтовой зоны // Проблемы региональной геологии и поисков полезных ископаемых: материалы VII Университетских геол. чтений, 4–6 апр. 2013 г., Минск, Беларусь / редкол. М. А. Журавков (гл. ред.), И. И. Пирожник (зам. гл. ред.); А.Ф. Санько (отв. ред.) [и др.]. – Минск: Изд. центр БГУ, 2013. С. 17-19.
33. Губин В. Н. Новейшая активность и флюидодинамика глубинных разломов Припятского прогиба // Современные проблемы геохимии, геологии и поисков месторождений полезных ископаемых: материалы Междунар. науч. конф., посвящённой 110-летию со дня рождения акад. Константина Игнатьевича Лукашёва (1907—1987), 23–25 мая 2017 г., Минск / БГУ, Георг. фак.; Отв. ред. О. В. Лукашёв; редкол.: А. Ф. Санько [и др.]: В. 2 ч. Мн.: Право и экономика, 2017. Ч. 1. С. 20-23.
34. Губин В. Н. Геодинамика и перспективы нефтегазоносности северного сегмента Полесской кольцевой структуры // Проблемы региональной геологии и поисков полезных ископаемых: материалы VII Университетских геол. чтений, 4–6 апр. 2013 г., Минск, Беларусь / редкол. М. А. Журавков (гл. ред.), И. И. Пирожник (зам. гл. ред.); А.Ф. Санько (отв. ред.) [и др.]. Мн.: БГУ, 2013. С. 11-13.
35. Ероховец А. М. Геодинамика Старобинского месторождения калийных солей // Современные проблемы геологии: университетские научные чтения, посвященные 60-летию открытия Старобинского месторождения калийных солей. Минск 3–4 апр. 2009 г. / Под общ. ред. Э. А. Высоцкого, В. Н. Губина, М. Е. Комаровского, О. В. Лукашёва, Д. Л. Твороновича-Севрука. Мн.: БГУ, 2009. С. 30-31.
36. Высоцкий Э. А. Газодинамические явления на месторождениях калийных солей // Проблемы региональной геологии Беларуси : IV Университетские геологические чтения, посвящ. 15-летию кафедры динамической геологии БГУ. Минск, 2–3 апр. 2010 г. / редкол. : Э. А. Высоцкий [и др.]; под. ред. проф. Э. А. Высоцкого. Мн.: БГУ, 2010. С. 39-40.
37. Рудковский Р. Р., Кутырло В. Э. Блуждающие рассолы соляных месторождений // Современные проблемы геологии: университетские научные чтения, посвященные 60-летию открытия Старобинского месторождения калийных солей. Минск 3–4 апр. 2009 г. / Под общ. ред. Э. А. Высоцкого, В. Н. Губина, М. Е. Комаровского, О. В. Лукашёва, Д. Л. Твороновича-Севрука. – Мн.: БГУ, 2009. С. 47-48.
38. Гримус С. И. Исследование структурно-литологических особенностей формирования пространственной структуры фильтрационных потоков (с целью прогнозирования мест локализации остаточных запасов нефти семилукской залежи Осташковичского месторождения) // Инновации в геологии и освоении недр: Материалы VI Университетских геологических чтений, Минск, 6–7 апр. 2012 г. / редкол.: В. Н. Губин [и др.]. Мн.: БГУ, 2012. С. 79-81.
39. Виницкая Н. М. К проблеме определения мест локализации остаточных запасов нефти межсолевой залежи Осташковичского месторождения // Инновации в геологии и освоении недр: Материалы VI Университетских геологических чтений, Минск, 6–7 апр. 2012 г. / редкол.: В. Н. Губин [и др.]. Мн.: БГУ, 2012. С. 75-76.
40. Абрамович О. К. Инженерно-геологические проблемы объектов нефтедобывающей промышленности в Гомельской области Беларуси // Современные проблемы геологического картирования: материалы X Университетских геол. чтений, 14 15 апр. 2016 г., Минск, Беларусь / В.И. Зуй (отв. ред.) [и др.]. Мн.: БГУ, 2016. С. 4-5.
41. Петрова Н. С., Денисова Н. Ю., Шакуля М. И. Сопряженный анализ осадочного выполнения и развития тектонических структур в период формирования калиеносной субформации в центральной зоне Припятского палеорифта // Актуальные вопросы инженерной геологии, гидрогеологии и рационального недропользования: материалы IX Университетских геол. чтений, 3 апр. 2015 г., Минск, Беларусь / редкол. М. А. Журавков (гл. ред.), гл. ред.); А.Ф. Санько (отв. ред.) [и др.]. Мн.: БГУ, 2015. С. 91-93
42. Кирикович А. В. О связи геодинамического режима и минерагенической специализации Припятского прогиба // Современные проблемы геологического картирования: материалы X Университетских геол. чтений, 14 15 апр. 2016 г., Минск, Беларусь / В.И. Зуй (отв. ред.) [и др.]. Мн.: БГУ, 2016. С. 69-70.

43. Тяшкевич И. А., Понтус А. Р. Неогеодинамические закономерности радионуклидного загрязнения Солигорского горнопромышленного района // Современные проблемы геологии: университетские научные чтения, посвященные 60-летию открытия Старобинского месторождения калийных солей. Минск 3–4 апр. 2009 г. / Под общ. ред. Э. А. Высоцкого, В. Н. Губина, М. Е. Комаровского, О. В. Лукашёва, Д. Л. Твороновича-Севрука. Мн.: БГУ, 2009. С. 80-81.
44. Зуй В. И. Геотермические условия платформенного чехла Беларуси // Геотектоника и минеральные ресурсы Беларуси..матер. Университетских чтений “Геотектоника и минеральные ресурсы Беларуси”, посв. 100-л. со дн. рожд. д. г-м н. А. А. Махнач. Мн.: БГУ, 2008. С. 22-24.
45. Грибик Я. Г., Зуй В. И. Тепловое поле Припятского прогиба. Геотермия подземной гидросферы Припятского прогиба // Современные проблемы геологии: университетские научные чтения, посвященные 60-летию открытия Старобинского месторождения калийных солей. Минск 3–4 апр. 2009 г. / Под общ. ред. Э. А. Высоцкого, В. Н. Губина, М. Е. Комаровского, О. В. Лукашёва, Д. Л. Твороновича-Севрука. Мн.: БГУ, 2009. С. 41-42.
46. Губин В. Н. Техногенная сейсмичность при разработке калийных месторождений // Современные проблемы геологии: университетские научные чтения, посвященные 60-летию открытия Старобинского месторождения калийных солей. Минск 3–4 апр. 2009 г. / Под общ. ред. Э. А. Высоцкого, В. Н. Губина, М. Е. Комаровского, О. В. Лукашёва, Д. Л. Твороновича-Севрука. Мн.: БГУ, 2009. С. 18-19.
47. Карабанов А. К. Новейшая тектоника и геодинамика Припятского прогиба // Современные проблемы геологии: университетские научные чтения, посвященные 60-летию открытия Старобинского месторождения калийных солей. Минск 3–4 апр. 2009 г. / Под общ. ред. Э. А. Высоцкого, В. Н. Губина, М. Е. Комаровского, О. В. Лукашёва, Д. Л. Твороновича-Севрука. Мн.: БГУ, 2009. С. 52-53.
48. Конищев В. С. Роль соленосных формаций и соляной тектоники в формировании структуры месторождений полезных ископаемых платформенного чехла Припятского прогиба // Современные проблемы геологии: университетские научные чтения, посвященные 60-летию открытия Старобинского месторождения калийных солей. Минск 3–4 апр. 2009 г. / Под общ. ред. Э. А. Высоцкого, В. Н. Губина, М. Е. Комаровского, О. В. Лукашёва, Д. Л. Твороновича-Севрука. – Мн.: БГУ, 2009. С. 45-46.
49. Конищев. В. С. Соляная тектоника Припятского прогиба. АН БССР Ин-т геохимии и геофизики. Мн. Наука и техника. 1975. 150 с.
50. Карабанов А. К., Айзберг Р. Е., Гарецкий Р. Г. и др. Сейсмогенерирующие структуры и зоны возникновения очагов землетрясений на территории Беларуси // Проблемы региональной геологии Беларуси : IV Университетские геологические чтения, посвящ. 15-летию кафедры динамической геологии БГУ. Минск, 2–3 апр. 2010 г. / редкол. : Э. А. Высоцкий [и др.]; под. ред. проф. Э. А. Высоцкого. Мн.: БГУ. 2010. С. 12-14.
51. Кулич О. Н. Проявление сейсмичности в северо-западной части Припятского прогиба // Современные проблемы геологии: университетские научные чтения, посвященные 60-летию открытия Старобинского месторождения калийных солей. Минск 3–4 апр. 2009 г. / Под общ. ред. Э. А. Высоцкого, В. Н. Губина, М. Е. Комаровского, О. В. Лукашёва, Д. Л. Твороновича-Севрука. Мн.: БГУ, 2009. С. 27-29.

Учебное издание

Творонович-Севрук Даниил Леонидович

**ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА**

**Конспект лекций
для магистрантов специальности 1-51 80 04
«Общая и региональная геология»**

В авторской редакции

Ответственный за выпуск *Д. Л. Творонович-Севрук*

Подписано в печать 12.05.2021. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 3,25. Уч.-изд. л. 3,32. Тираж 50 экз.

Белорусский государственный университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/270 от 03.04.2014.
Пр. Независимости, 4, 220030, Минск.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика
на копировально-множительной технике
факультета географии и геоинформатики
Белорусского государственного университета.
Ул. Ленинградская, 16, 220006, Минск.