

Т

айны недр открывает «Георифт»

Заглянуть в глубинную толщу земли совсем не просто. Традиционный метод бурения скважин довольно дорогостоящий. Но ученые призвали на помощь современные геофизические методы – гравитационные, магнитные, сейсмические. В результате многолетних исследований в рамках совместного проекта белорусским и украинским геологам и геофизикам удалось получить новые данные о палеогеодинамической эволюции глубинных зон земной коры и верхней мантии Припятского и Днепровского палеорифтовых нефтегазоносных бассейнов, что позволит повысить эффективность геологоразведки. Эта уникальная работа авторского коллектива Института природопользования НАН Беларуси, проливающая свет на формирование полезных ископаемых в масштабах геологического времени и в целом на эволюцию Земли, вошла в число победителей конкурса «Топ-10» результатов деятельности ученых Национальной академии наук в области фундаментальных и прикладных исследований за 2018 год.

Земная кора дышит

Впечатляет, насколько далеко исследователи научились заглядывать в историю развития нашей планеты. Например, им удалось выяснить возраст Земли. Согласно современным представлениям, формирование нашей планеты происходило 5,5–6 млрд лет назад. Однако первые древние геологические породы появились значительно позже – 2–3 млрд лет назад. Причем это не чисто теоретические размышления. Ученые достаточно достоверно определили возраст геологического формирования земной коры по периоду разложения радиоактивных элементов. Уран, торий и некоторые другие имеют устойчивую схему распада в миллиарды лет. За 10 периодов полураспада количество радиоактивных частиц снижается примерно на 50%. Сравнив концентрации образцов древней породы и современных, удалось выяснить их абсолютный возраст.

Однако за многие столетия изучения каких только предположений ни выдвигали ученые об эволюции земной коры. Так, в XIX веке в научном мире особо популярны были теория дрейфа континентов, предложенная А. Вегенером в 1912 году, и озвученная в 1962 году гипотеза Г. Хейсса о спрединге – разрастании океанического дна.

Как пояснил заведующий лабораторией геотектоники и геофизики Института природопользования НАН Беларуси кандидат геолого-минералогических наук Я.Г. Грибик, с таких несовершенных представлений о процессах формирования земной коры все и начиналось. Ведь было невозможно выяснить глубинное расположение слоев земной коры без эффективных геофизических методов изучения – их в то время еще не существовало.

Кстати, теория движения плит, или дрейфа континентов, предложенная Вегенером, до сих пор актуальна. Автор сделал свои умозаключения, исходя из сопоставления абриса береговых линий Африки, Америки, Австралии и других континентов. Как несложно заметить, многие из них стыкуются по контурам внешних территорий, несмотря на то, что между ними тысячи километров океана. Ученый обосновал разделение единого древнего континента, который, возможно, в определенную геологическую эпоху имел общую платформу. Это подтверждается также возрастом пород, формируемых напластованием остатков растительного мира и фауны, захороненных под земной толщей.

– Вегенерова теория жива еще и потому, что континенты действительно

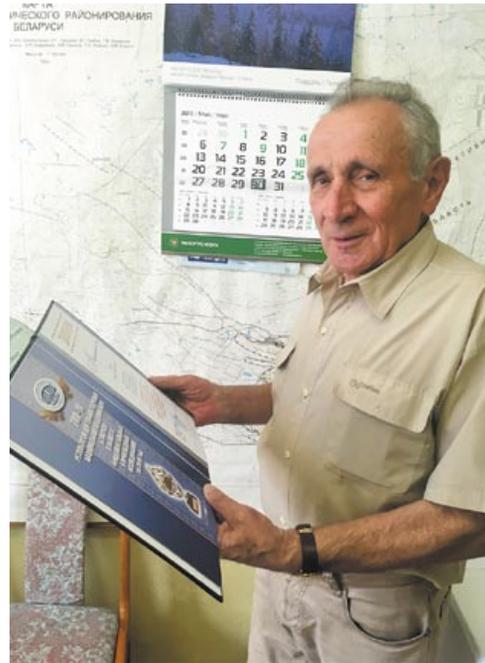
в определенном смысле перемещаются, – отметил Ярослав Гаврилович Грибик. – Это подкрепляется и результатами мониторинга с помощью геодезических измерений на разных континентах. Только вот очень сложно определить масштабы такого перемещения, поскольку это всего лишь сантиметры в год.

Наукой подтверждено и наличие глубинных разломов. Современные гравитационные, магнитные и другие геофизические исследования свидетельствуют, что земная кора не застывшая скорлупа, и именно через ее активные зоны земля дышит. Исходя из полученных учеными данных, сегодня можно уверенно констатировать: верхняя часть литосферы находится в динамичном состоянии, она развивается и расширяется по древним и новым глубинным разломам.

Беларусь как раз располагается на стыке Западно-Европейской и Восточно-Европейской платформ. Последняя формировалась еще в докембрийское время, свыше 550–700 млн лет назад. Западно-Европейская платформа – более молодая в геологическом исчислении, возникла где-то 150–200 млн лет назад. Белорусские исследователи утверждают: с геологической точки зрения территория нашей страны пока находится в устойчивом состоянии, как и бóльшая часть Восточно-Европейской платформы. Некоторые смещения прослеживаются юго-западнее – в Испании, Италии, Греции. Там располагаются «живые» участки, которые ощущают современные тектонические движения, сопровождаемые перемещением слоев земной коры.

Разведка глубин

Методы изучения глубинного строения земной коры постоянно совершенствуются. Первым и самым доступным для путешественников, географов, геологов способом было исследование поверхностных обнажений горных пород, определение возраста которых преимущественно сводилось к хронологическому анализу сохранившихся спрессо-



◀ Я.Г. Грибик

ванных в земле окаменевших остатков флоры и фауны. Современные исследователи больше полагаются на геофизические методы. В числе самых надежных и доступных, как отметил Ярослав Гаврилович, изучение скорости распростране-



ния ударной волны. К примеру, в Японии произошло землетрясение, а в Беларуси на пункте сейсмического мониторинга в Плещеницах или находящемся в Минске Центре геофизического мониторинга зафиксировали толчки.

По амплитуде ударной волны можно определять толщину слоев земной коры на определенной отдаленной территории. Важными параметрами являются также время и скорость прохождения волны через мантию и земное ядро. А еще – акустические волны распространяются в различных средах (в твердой породе, жидкости и расплавленных слоях земной коры) с разной скоростью. Так и определяют глубины слоев земной коры.

В арсенале геофизиков есть и гравитационный метод, основанный на силе земного притяжения. В этом случае исследователи полагаются на показания гравиметра: прибор позволяет определить силу тяжести в зависимости от геологического профиля пород. Так, твердые скальные породы имеют более сильное гравитационное притяжение, затем идут легкие породы, а самое слабое гравитационное поле будет у песчаных слоев.

Дополнить сведения о глубинах земли позволит и магниторазведка, которая зафиксировывает изменения магнитного поля. Среди методов изучения строения земной коры, безусловно, самый дорогостоящий – бурение глубоких скважин.

– Максимальная глубина, на которую удалось спуститься с помощью бурения, не превышает 13 км, – поясняет Ярослав Грибик. – Это Кольская сверхглубокая скважина (Кольская СГ2), пробуренная в Мурманской области России еще в советские времена. Проектировалось, что она достигнет глубины 15 км. Но максимально удалось добурить до 12 262 м.

Прекратили бурение Кольской сверхглубокой в связи с тем, что геологический прогноз насчет нее не подтвердился. Исследователи рассчитывали на глубине 12 км и больше войти в океаническую земную кору. Кстати, под океаном и под материком она разная. В Беларуси, в

частности, земная кора составляет примерно 50 км (далее уже идет слой горячей твердой породы), а вот под океаном – всего 5–10 км.

Бурение Кольской СГ2 прекратили еще и потому, что при дальнейшем углублении к центру Земли возникали техногенные процессы. На сегодняшний день эта скважина – уникальный опытный участок, на котором выполняются и отрабатываются замеры температуры и других геофизических параметров.

Для обнаружения запасов нефти порой нужны довольно глубокие скважины, как в Мексиканском заливе – до 10 км или же в Беларуси в Припятском прогибе, где толщина осадочного чехла составляет около 6,5 км. Так, в 2016 году закончено бурение параметрической скважины Предречицкой-1 глубиной 6,75 км.

А вот твердые полезные ископаемые можно вполне найти и на глубине 300–400 м, как, в частности, при геологической разведке алмазосодержащих трубок взрыва, так называемых диатрем. Правда, в нашей стране, несмотря на исследование уже 30 трубок взрыва на Жлобинском поле, обнаружена только пироповая порода, сопутствующая алмазам. Но дело того стоит. Как свидетельствуют результаты геологических изысканий в Сибири или в той же Африке, на 50–60 пустых трубок приходится одна продуктивная. И тогда все затраты разом окупаются. Поэтому, по утверждению ученых Института природопользования, в Беларуси и делается прогноз на дальнейшее изучение распространения алмазосодержащих диатрем доступными геофизическими методами. Важно заглянуть на глубину, чтобы лучше представлять, где искать сокрытые в земной коре полезные ископаемые.

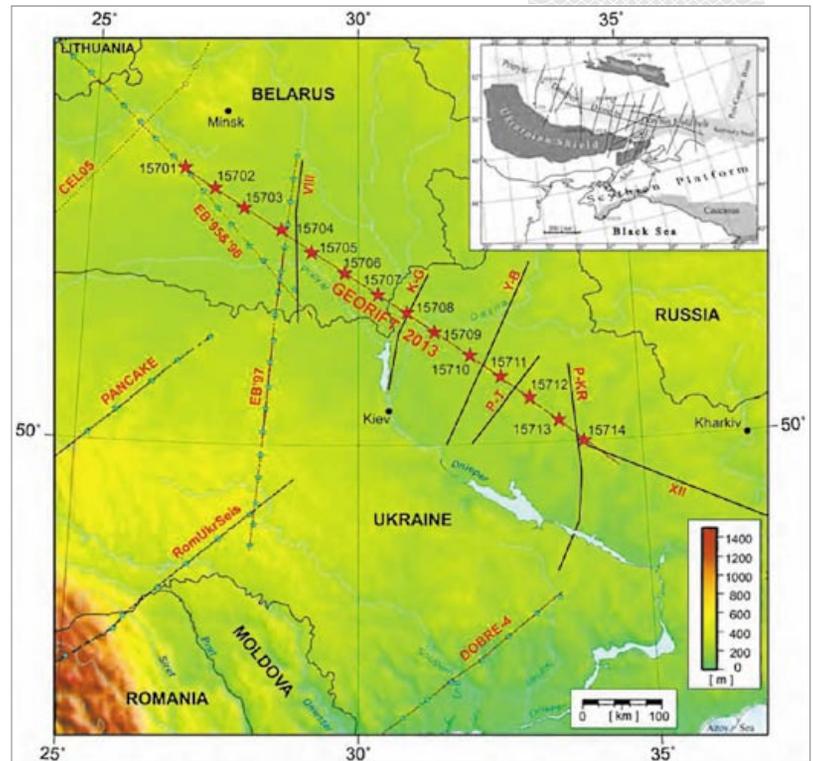
От Несвижа до Полтавы

Благодаря совместному масштабному проекту «Георифт», белорусские геофизики из Института природопользования НАН Беларуси вместе с коллегами из Института геофизики Академии наук Украины изучили строение земной коры

до глубины 80 км по одноименному сейсмическому профилю, который проходит по территории Беларуси и Украины от Несвижа через Брагин, Чернигов и до Полтавы. Несколько месяцев понадобилось ученым, чтобы провести все полевые работы, и гораздо больше, около трех лет, чтобы обработать и интерпретировать полученный массив данных. В общей сложности изучено 700 км геологического профиля, из них 340 км на территории Беларуси и 360 км – в Украине.

На всем «маршруте» были расставлены сейсмостанции, которые фиксировали взрывы. Только на белорусском участке установлено 139 автоматических сейсмических станций и обустроено 7 пунктов взрывов, на которых пробурено 104 скважины глубиной от 30 до 50 м и осуществлена закладка взрывчатки. Сейсмостанции фиксировали отражающиеся от земной коры волны, посылаемые с поверхности от пункта взрыва. Кстати, в рамках международного взаимодействия коллеги из Дании поставили белорусам сейсмостанции безвозмездно. В интерпретации полученных данных помогли специалисты из Института геофизики Польской академии наук. В целом в выполнении проекта с 2013 по 2017 год, кроме белорусских и украинских, принимали участие ученые из Финляндии, Дании, Польши.

Благодаря проекту, исполнителем которого с нашей стороны был авторский коллектив Института природопользования НАН Беларуси в составе академика Радима Горецкого, член-корреспондента Роммы Айсберга, доктора геолого-минералогических наук Германа Каратаева, кандидата геолого-минералогических наук Ярослава Грибика, впервые установлена продольная геолого-геофизическая структура земной коры и верхней мантии Припятского и Днепровского бассейнов – наиболее глубоких структур рифтового типа в Европе. Ученые обобщили полученные по белорусской части профиля данные, включающие скоростной анализ разреза, информацию по пробуренным скважи-



▲ Расположение на карте составного профиля «Георифт». Звездами обозначены точки взрывов

нам, геофизические исследования гравитационного и магнитного полей.

Чем вызван большой интерес к исследованию именно этих территорий? Разъяснения мы вновь получили у заведующего лабораторией геотектоники и геофизики Института природопользования НАН Беларуси Ярослава Грибика.

– Эти два геологических бассейна, расположенные на территории двух государств, считаются перспективными в плане обнаружения залежей разных полезных ископаемых, – пояснил ученый. – В Украине в Днепровско-Донецкой впадине находятся основные месторождения нефтегазоконденсата. В Беларуси этот же профиль земной коры идет по Припятскому прогибу, где выявлены основные залежи нефти. А вот месторождений природного газа в нашей стране нет, и нефтегазоконденсат обнаружен только в двух.

Также исследователи совместно пытались выяснить, в чем сходство и различие этих двух нефтеносных бассейнов, расположенных на Днепровско-Донецкой впадине и в Припятском прогибе. Если

посмотреть на профиль, то Брагинский выступ, в пределах которого мощность осадочного чехла незначительна, является разделителем двух бассейнов. Перспективен для прогноза твердых полезных ископаемых и Белорусский кристаллический массив, который протянулся от Бобруйска к Минску и до Несвижа.

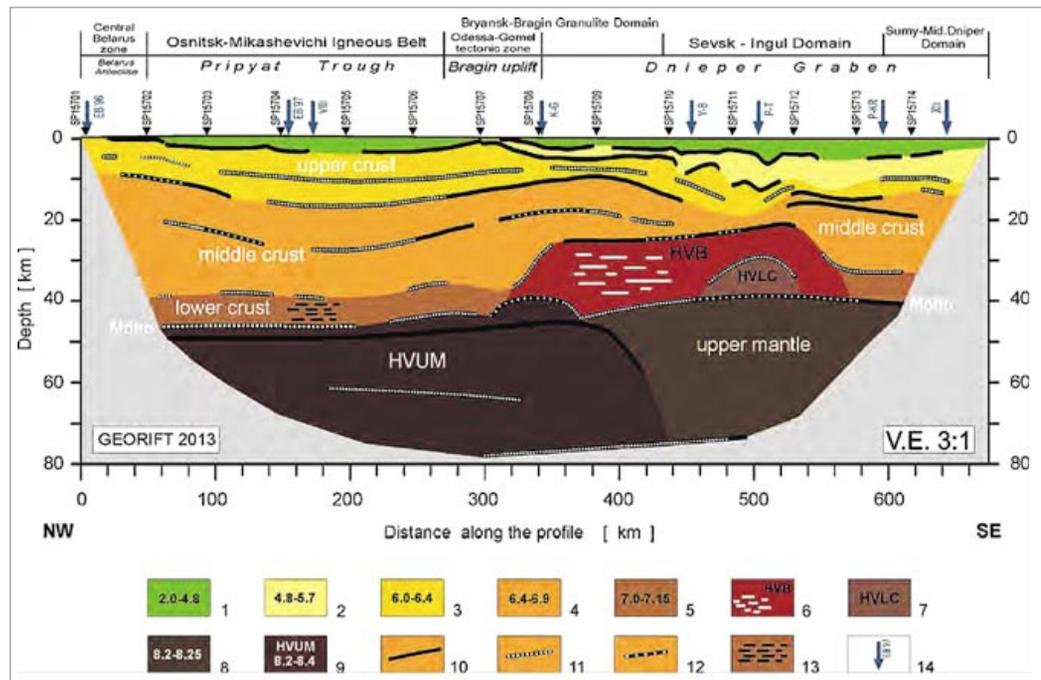
Интересно, что в Украине осадочный слой, в котором, как правило, располагаются месторождения углеводородов, составляет до 15 км, а у нас в Припятском прогибе существенно меньше – до 6,5 км. На территории Беларуси более выдержан верхний гранитный слой, а в стране-соседке средний и нижний слои земной коры расширены. В Днепровском бассейне прослеживается более высокая геотермическая напряженность земной коры. Ученые предположили, что это сказалось на формировании месторождений полезных ископаемых и на территории Беларуси, и Украины. Полученные данные были оформлены в геолого-геофизическую модель глубинного строения земной коры и верхней мантии вышеназванных бассейнов.

«Ловушка» для нефти

Результаты совместного международного проекта имеют не только фундаментальное и широкое прикладное значение: изучение геофизическими методами конкретных участков земной коры позволит более аргументированно планировать дорогостоящее глубинное бурение при разведке месторождений полезных ископаемых. А еще, как намечено, они составят основу для стартующего проекта под названием PANCAKE-2020. Новый геологический профиль, согласно которому исследователи собираются изучать глубинное строение слоистой земной коры, пройдет через Украинский щит – Припятский прогиб – Жлобинское поле алмазных трубок взрыва, южную часть Оршанской впадины: Ровно – Лельчицы – Светлогорск – район Климовичей.

– Проектом PANCAKE-2020 предусмотрено изучение Украинского приподнятого кристаллического щита, в котором если и нет нефти, то, по прогнозам, находится масса других твердых полезных ископаемых, – подчеркнул Я. Грибик. – На Припятском прогибе в Беларуси, где у нас месторождение нефти, а также на терри-

► Упрощенный эскиз литосферной структуры, полученной по профилю «Георифт». Сверху вниз: осадочный покров; уплотненные осадочные породы; кристаллическая верхняя кора; средняя кора; нижняя кора; высокоскоростное тело; высокоскоростная нижняя кора; верхняя мантия; высокоскоростная верхняя мантия. Точки взрывов показаны треугольниками над профилем



тории Гомельщины от Лельчиц до Светлогорска возможны месторождения газа и газоконденсата. Да и кимберлитовые трубки взрывов в районе Жлобинской седловины необходимо более тщательно прозондировать на предмет наличия алмазов. А вот в районе от Лоева до Борщевки широкое поле древних вулканов. Здесь в девонский период происходило как минимум 2–3 этапа извержений, о чем свидетельствует наличие вулканогенных пород в разрезе скважин. Эти территории представляют интерес для поисков месторождений углеводородов.

Исследователей в этом плане интересуют аномальные участки с необычным строением земной коры. Скажем, если слои, слагающие земную кору, имеют плавное изменение по толщине, то особенно позитивных геологических прогнозов ожидать не следует. Если же идет раздвиг или сужение мощности или толщины одного из слоев земной коры, это уже говорит о наличии важных показателей, характеризующих возможное формирование залежей полезных ископаемых.

Как пояснил ученый, углеводороды достаточно подвижны. Для того, чтобы на глубине в осадочном слое земной коры скопилась нефть или газ, необходимо, чтобы верхний слой, перекрывающий проницаемую породу или коллектор, был непроницаем. Тогда, поднимаясь из мантии к поверхности или формируясь из органических остатков, этот легкий углеводородный флюид окажется под ее чехлом, в такой своеобразной ловушке.

– В Беларуси, например, роль такой природной непроницаемой «покрышки» играют соли, – отметил исследователь. – В том же Припятском прогибе их километры. Только калийная соль расположена в его западной части, а в центральной – залегает каменная, слоем от 2 до 4 км. А вот толщина продуктивных калийных горизонтов на Старобинском месторождении (район Солигорска) достигает от 6 до 15 м. Кроме того, в разрезе Припятского прогиба располагаются два соленосных комплекса, верхний и нижний, а между ними залегает обычная межсолевая проницаемая порода,

насыщенная пластовыми водами, или рассолами. Она представлена доломитами и известняками, в емкостях которых как раз и содержится нефть. Такой слоистый «пирог» разреза Припятского прогиба прослеживается на всех нефтяных месторождениях Беларуси.

Что касается белорусских подземных рассолов, то, как подчеркнул Ярослав Гаврилович, они у нас очень крепкие – достигают высокой минерализации в 300–350 г/л. И тяжелые – плотностью 1,2–1,25 г/см³. Для сравнения, в районе Мертвого моря минерализация достигает 280 г/л. Причем такие рассолы содержат целый спектр химических элементов: натрий, кальций, натрий-хлор, цезий, стронций, йод и так далее. Одно время в Беларуси аграрии использовали их для протравки семян перед посевом, строители – для более быстрого застывания цемента в зимнее время. Но в целом, как считает ученый, этот пока мало востребованный компонент из недр Припятского прогиба еще требует своего технологического решения.

Благодаря проекту PANCAKE-2020 геологи и геофизики Беларуси и Украины продолжают сравнительное изучение земной коры, которое имеет большое научное значение для познания эволюции Земли. В частности, разноэтапного вулканогенного происхождения отдельных регионов молодой Западно-Европейской и более древней Восточно-Европейской платформ.

Для ученых важно реконструировать палеогеодинамические условия формирования структур, через которые планируется выполнить исследование по профилю. А вместе с ними и процессы геологического прогноза размещения углеводородного сырья, алмазов, калийных и каменной солей, углей и сланцев, промышленных рассолов и других полезных ископаемых. Нет сомнений, что PANCAKE-2020 станет не только продолжением масштабных исследовательских работ, но и основой для нового взаимодействия геологов и геофизиков в международном формате.

Светлана ДВОРЕЦКАЯ ▮



Образец каменной соли из Припятского прогиба



Доломит из Давыдовской скважины