

НИКОЛАЙ
НИКИТОВИЧ
ПУЗЫРЁВ

ОН ДОЛГО БЫЛ
С НАМИ

**НИКОЛАЙ
НИКИТОВИЧ
ПУЗЫРЁВ**

ОН ДОЛГО БЫЛ С НАМИ



КАК Я СТАЛ ГЕОФИЗИКОМ*

Сначала несколько слов из моей биографии. Родился я 22 ноября 1914 года в селе Яковлево Елабужского уезда Вятской губернии (в настоящее время — Татарстан). Город Елабуга расположен на р. Каме и находится от нашего села на расстоянии 30 км, а город Мамадыши — на р. Вятке в 5 км. Наш уездный город Елабуга славился до революции как заметный культурный центр, где были женская гимназия, реальное училище, женское епархиальное училище, не менее десяти начальных школ и семинарий. Город был центром интенсивной торговли, например, династия купцов Стахеевых была известна по всей России и даже за рубежом. Один из братьев Стахеевых был писателем, собрание сочинений которого (рассказы и повести) в шести томах в свое время было достаточно популярно. Здание епархиального училища, построенное в XIX в. на средства Стахеевых, относится в настоящее время к архитектурным памятникам. Сейчас в этом здании помещается педагогический институт. Известно, что купцы Стахеевы передавали городской управе один миллион рублей в год на благоустройство города. В местной газете я прочитал, что третья по порядку электростанция в России построена в Елабуге. Одним из купцов и общественных деятелей города был отец знаменитого русского художника И.И. Шишкина. В нашем городе некоторое время жила и была похоронена знаменитая участница Отечественной войны 1812 года, адъютант фельдмаршала М.И. Кутузова — Надежда Дурова. В начале 90-х годов нашего столетия рядом со старым кладбищем, которое в 30-м году было ликвидировано, И.И. Шишкину и Н. Дуровой были воздвигнуты монументы. На современном городском кладбище похоронена замечательная русская поэтесса Марина Ивановна Цветаева. В домике, где она жила, в настоящее время открыт мемориальный музей.





*Лучший ученик школы –
Николай Пузырёв, дер. Яковлево. 1928 г.*

Казахстан на нефтяной промысел Доссор. Когда он приехал летом 1930 г. в отпуск в родное село, то на семейном совете было решено, что будет лучше, если я продолжу образование в средней школе в Казахстане. В результате я вместе с семьей дяди приехал на промысел Доссор, где весной 1931 г. закончил школу-семилетку. Тогда мне шел уже семнадцатый год.

Дальнейшая моя судьба оказалась тесно связана с геофизикой, и сложилось это вот как. Перед получением аттестата об окончании семилетки меня

Когда я родился, отец мой, Никита Григорьевич, уже был мобилизован на германскую войну. В 1918 г. он на короткое время вернулся домой, но вскоре вступил в ряды Красной Армии и в 1919 г. погиб. Воспитателем моим, кроме матери, Прасковьи Андриановны, был мой дед по отцу, Григорий Федотович. Начальную школу в родном селе я закончил с большим опозданием, так как она открылась после гражданской войны только в 1923 г. В 1928 г. я поступил в пятый класс елабужской средней школы и окончил шестой класс в 1930 г., когда начались коллективизация и раскулачивание.

Хотя наша семья не подвергалась раскулачиванию, но быстро начала распадаться. В частности, мой старший дядя, Иван Григорьевич, еще в 1929 г. уехал в Ка-



*Дом в деревне Яковлево, где родился
Н.Н. Пузырёв в 1914 г.*

и еще одного парня вызывает директор школы и говорит, что он получил письмо от геологоразведочной конторы (ГРК) треста «Эмба-нефть», расположенной в областном центре — Гурьеве, с просьбой рекомендовать двух выпускников-мальчиков, показавших лучшие успехи по математике и физике, для работы младшими наблюдате-



Первая школа, где учился Н.Н. Пузырёв (1923–1928 гг.), дер. Яковлево.

лями в гравиметрической партии. Директор спросил нашего согласия на предложение ГРК и сказал, что в этом случае он даст рекомендации на нас обоих. Через некоторое время вопрос был согласован с руководством геофизического отдела ГРК, и мы получили направление в партию, где в то время начальником был Эпаминонд Эпаминондович Фотиади, в последующем известный ученый-геофизик, член-корреспондент АН СССР. Так начался мой путь в разведочной геофизике, который, пожалуй, сильно отличается от стандартного пути, когда молодой человек выбирает специальность перед поступлением в высшее учебное заведение и специализируется в дальнейшем по тому или иному методу.

Первый год работы. Когда мы с товарищем по школе Константином Болдыревым приехали на железнодорожную станцию Карабаган, получив направление в ГРК, нас уже ждала телега с бочкой, запряженная верблюдом. Кучер-казах, в обязанности которого входило обеспечение партии пресной водой, сказал, что он ждет двоих «бала» (мальчиков). Мы сели возле бочки и поехали по пыльной полевой дороге. Это была моя первая поездка на телеге, запряженной верблюдами. В лагере партии, расположенном в 25 километрах от узкоколейной железной дороги, в урочище Кожегали, нас встретил сам начальник, Э. Э. Фотиади — высокий человек с черными волосами и густой кудрявой бородой, ассирийского типа. Позже я узнал, что отец его был грек, а мать — русская.

Лагерь представлял собой приблизительно восемь кибиток и пару палаток. На некотором расстоянии от лагеря паслись верблюды и лошади. Нас тут же усадили за обед, куда собрался весь состав ИТР, бывший

Справка

А. Т. С. С. Рязань район
Яковлевское совхоз

ЯКОВЛЕВО

КОЛХОЗ

ЯКОВЛЕВО

ЯКОВЛЕВО

Яковлевское совхоз
Яковлевского района

А. Т. С. С. Р.

20 декабря 1931 г.
№ 124

Владислава Насидящая
от правления колхоза

Яковлева Владимирского
района А. И. Е. Пузырева,
Николая Николаевича

в том, что Действительный
соседний Яковлева колхоза



Яковлева
что и удостоверения

Яковлева
Соседний Яковлева

Справки-удостоверения 1928 и 1931 гг. о социальном происхождении Н.Н. Пузырёва.

в лагере, кроме рабочих. К обеду пришла Ольга Андреевна Калинина, жена Фотиади, и кто-то из трех наблюдателей, кажется, это был Александр Исаевич Храмой. Все к нам были очень внимательны, в том числе кухарка Анна Васильевна. Впоследствии я узнал, что она жительница города Лбищенска, расположенного на реке Урал (ныне город Чапаевск), и что во время трагедии 1919 г. В.И. Чапаев квартировал у ее сестры. Нас разместили в кибитке с одним из наблюдателей, кажется, с Константином Александровичем Дервизом. В партии было пять сотрудников-ленинградцев, в том числе, кроме упомянутых лиц, Борис Владимирович Котляревский. Впоследствии все они стали моими друзьями.

Уже на следующий день к нам с Костей приставили наставников. В первое время моим наставником был Эпаминонд Эпаминондович, который прежде всего стал учить меня верховой езде, так как доставка вахты к вариометрам из лагеря и обратно осуществлялась только на верховых лошадях. Сперва я обучался ездить на расстояния до 50 км на иноходцах, а позже на кавалерийских лошадях. Отмечу, что в партии было порядка десяти лошадей и примерно столько же верблюдов при полном отсутствии автотранспорта. У себя в деревне я умел ездить верхом на коне, но только без седла. Через несколько дней мы поехали к месту стоянки одного из вариометров Z-40, и Эпаминонд Эпаминондович стал рассказывать мне об устройстве вариометра, способе его установки в специальной будке, а затем о снятии его после окончания цикла наблюдений. Параллельно с этим он показал мне, как устроен нивелир, и сам в моем присутствии произвел нивелировку до 50 метров по восьми лучам. После установки и запуска вариометра мы пошли на ближайший холмик, с которого были видны тригонометрические пункты и другие объекты, нанесенные на карту, в частности, некоторые из казахских могил. Здесь в первую очередь я познакомился с устройством теодолита, установкой его на треноге и приведением в горизонтальное положение по уровням. Вслед за этим были измерены углы между объектами, нанесенными на карту, а затем сделаны так называемые засечки. В идеале они должны пересекаться в одной точке, но практически образуют некоторый треугольник либо многоугольник, размеры которого на карте не должны превышать 1,0—1,5 мм. После определения положения теодолита находилось направление на вариометр, а затем измерялось расстояние до прибора по этому направлению металлической лентой либо шагами, предварительно вымеренными. К окончанию этой работы уже готовили чай и припасы к обеду. В качестве топлива использовался кизяк, который в те годы было нетрудно собрать в любом количестве.



Э.Э. Фотиади

В дневное время вариометр запускался в три азимута через 120° , а на ночь обязательно на пять азимутов через 72° , причем чаще всего на два цикла с целью контроля за величиной температурного коэффициента. Положения рычагов фиксировались на фотопластинке, которая после

окончания работы прибора тут же проявлялась в специальном ящике. Удостоверившись в доброкачественности регистрации, приступали к снятию прибора, закрепляя (арретируя) рычаги. Отдельные части вариометра размещались в специальных фирменных сундуках, а остальные детали и будка укладывались на телегу без упаковки. Когда все приготовлено к переезду на другую точку, которая предварительно наносится на карту, измеряется направление на нее, после чего по буссоли (компасу) указанное направление трассируется на местности и шагами измеряется расстояние до искомой точки. Шаги предварительно тщательно выверяются на точно измеренном интервале. Подойдя к искомому пункту, необходимо найти достаточно ровную площадку диаметром порядка 100 м, так как при сильно изрезанном рельефе точность определения топографических поправок резко падает. Найдя такое положение площадки и выбрав точку установки вариометра, приступали к операциям, о которых упоминалась раньше.

Постепенно меня стали более детально знакомить с устройством вариометра, его установкой на грунте и запуском в рабочее состояние. Напомню, что полвека назад вариометры были заменены гравиметрами, при помощи которых находится приращение ускорения силы тяжести Δg . Основной причиной такой замены была низкая производительность труда с вариометрами — измерение на одной точке занимало не менее двух с половиной часов, т. е. приблизительно в 50 раз больше, чем с гравиметрами. Вместе с тем следует подчеркнуть, что при помощи вариометров определяется не одна только величина Δg , а четыре вторых производных потенциала силы тяжести, т. е. информативность вариометров значительно выше гравиметров.

Поскольку я относительно полно рассказал о полевых операциях при работе с вариометрами, то, по-видимому, полезно напомнить в самых общих чертах принцип действия этого прибора. Основным элементом его является рычаг (коромысло), на концах которого на базе ΔZ располагаются две относительно тяжелые насадки. Формы рычагов в различных конструкциях разнообразны: наклонный стержень (система S), Z-образный стержень (система Z), горизонтальный стержень, на одном конце которого имеется закрепленная масса, а на другом — подвешенная на нити длиной ΔZ вторая масса (система L). Чаще всего используются вариометры с двумя рычагами, повернутыми относительно друг друга на 180° . Рычаги подвешены на тонкой ленточной нити из специального сплава. Длина подвеса выбирается так, что период успокоения колебаний равнялся не менее 20 мин. В системе L период успокоения равнялся 60 мин, а в системе Z — 40 мин. Отмечу, что Б.В. Нумеровым в начале 30-х годов изобретен трехрычажный вариометр сис-

темы S, несколько образцов которого было изготовлено в Германии. В мое время практически все работы выполнялись с вариометрами системы Z-40, также изготовленными в Германии в фирме "Askania Werke". Надежность их в работе очень велика.

Приблизительно через месяц-полтора мы с Костей уже могли работать самостоятельно, выполняя в поле все указанные выше операции с вариометрами и геодезическими инструментами и производить обработку наблюдений. К концу сезона мы продвинулись на север на 300 км до поселка Кызылкуга приблизительно, где основным населением были татары, занимающиеся выращиванием бахчевых. От этого пункта мы повернули на юг, чтобы заснять полосу, расположенную к западу от первой. В конце октября закончили работу и вернулись в Гурьев (ныне Атырау). Эпаминонд Эпаминонович устроил нас в общежитие для ИТР, нам выдали талоны в столовую ИТР и премировали костюмами. Это был первый в моей жизни костюм.

Учеба в техникуме и работа в партиях в летние сезоны. В 1930 г. Наркомтяжпром СССР принял решение организовать в Гурьеве трехгодичный горно-нефтяной техникум для подготовки местных кадров, учитывая перспективность Эмбинского района и всей Прикаспийской депрессии в части добычи нефти. Необходимо подчеркнуть, что в 30-е годы Эмбинский район был третьим по добыче нефти после Баку и Грозного. Попутно отмечу, что вопрос добычи газа в то время совсем не стоял, и на всех промыслах можно было видеть яркие факелы.

В первую очередь при открытии техникума были набраны группы для подготовки специалистов в области бурения скважин, добычи нефти и нефтяного оборудования, в следующем, 1931 г. — геологов и геофизиков. При наборе группы геофизиков было поставлено условие, чтобы все абитуриенты имели полное среднее образование, т. е. девятилетку с хорошими отметками по физике и математике. Для меня, окончившего только семь классов, было сделано исключение, принимая во внимание мое участие в полевых работах в сезон 1931 г. и готовность специализироваться по геофизике. На первом курсе были некоторые трудности, но мне удалось их преодолеть, в том числе при помощи новых друзей. На первых двух курсах достаточно большое внимание уделялось геологическим дисциплинам, в основном применительно к поискам нефти. Лекции по геологическим дисциплинам читали весьма эрудированные геологи, такие как Н.И. Буялов, будущий профессор Нефтяного института в Москве, П.Я. Авров, в будущем действительный член Академии наук КазССР, и др. Уже на первом курсе начали читать лекции по элементарной теории гравитационного вариометра и геодезии, причем по обеим дисциплинам большое внимание уделялось практическим занятиям.

Необходимость хорошей подготовки по геодезии вытекала из того, что при полевых работах с вариометром параллельно выполнялся значительный объем геодезических наблюдений самими геофизиками.

По окончании первого курса практически все студенты, может быть, за небольшим исключением, выехали на практику, причем не только учебную, но и производственную. Иначе говоря, со второй половины сезона, а я — с самого начала, студенты были зачислены младшими наблюдателями и работали до поздней осени. Такой порядок продолжался во все последующие летние сезоны, вплоть до окончания техникума. Попутно отмечу, что наш набор в данном техникуме был единственным, что, по-видимому, связано с ограниченными потребностями в кадрах в данном районе и увеличением специальных учебных заведений в других городах страны.

Подготовка по другим геофизическим методам, кроме гравитационного, проводилась весьма слабо, ограничившись в одном из семестров на втором году обучения общим курсом геофизических методов в объеме порядка 50 часов лекций без практических занятий.

Уже с весны 1932 г. количество приглашаемых до этого времени наблюдателей из Ленинграда резко сократилось, и этот процесс постоянно нарастал, причем студенты начали занимать должности технических руководителей и начальников партий. Летом 1933 г. я, например, работал техруком в одной из партий, проводившей детальные исследования с вариометром на месторождении Косчагыл. Здесь нагрузка по геодезии была больше, чем на рекогносцировочных площадных съемках, так как приходилось прокладывать большое количество профилей, вычислять координаты их концов, а также проводить нивелировку по всей линии профиля. Начальником партии был специалист из Ленинграда И.А. Шидловский, а наблюдателями и вычислителями — наши ребята из техникума. Припоминаю, что в этот сезон партию посетил Б.В. Нумеров, директор Астрономического института и член-корреспондент АН СССР. Он осуществлял тогда научное руководство всеми гравитационными работами как на Эмбе, так и в других районах страны. Контакты с Борисом Васильевичем вел в основном начальник нашей партии, хорошо знавший его по Ленинграду, а я, хотя и был техническим руководителем, но стеснялся, будучи провинциалом, вступить в разговор с таким большим человеком.

В начале третьего курса нам начали читать высшую математику, имея в виду ориентацию на подготовку специалистов по гравиметрии высокой квалификации. В связи с этим срок обучения был увеличен до пяти лет. Преподавателем по высшей математике был известный гравиметрист Олег Алексеевич Шванк. Позднее, уже работая в Саратове,

он написал монографию по теории интерпретации данных гравиразведки, пользовавшуюся большой популярностью.

Олег Алексеевич читал нам лекции три-четыре раза в неделю по теории пределов, дифференциальному исчислению, аналитической геометрии и началам интегрального исчисления. В следующем, четвертом, году высшую математику начал читать Анатолий Митрофанович Юхно — профессор Харьковского университета. Говорили, что он был сослан в Гурьев за политическую неблагонадежность. На четвертом курсе он в полном объеме прочитал нам втузовский курс, т. е. теорию рядов, кратные интегралы, обыкновенные дифференциальные уравнения, а также специальные курсы теории вероятности, включая теорию ошибок и теорию потенциалов.

Следует отметить, что с момента преподавания высшей математики количество студентов на геофизическом отделении стало заметно уменьшаться в связи с трудностью освоения материала. Таким образом, уже на четвертом курсе мы способны были воспринимать теоретические вопросы гравиметрии. Это дало возможность прослушать курсы теории вариометра, гравиметрии и теории фигур Земли, интерпретации гравитационных аномалий. Первый из указанных предметов, если мне не отказывает память, читал О.А. Шванк, второй — А.М. Юхно, а третий — Николай Николаевич Черепанов. Лекции последнего отличались некоторой оригинальностью. Дело в том, что на гражданской войне у него было прострелено горло, вследствие чего он не мог достаточно громко говорить, а микрофоны тогда не были распространены. Поэтому при выводе формул значений вторых производных и Δg для тех или иных моделей сред он вызывал студента к доске и формулировал задачу, которая бралась обычно из известного курса С.К. Гирина по гравиразведке для втузов. Студент начинал решать с некоторыми пояснениями, и если случались затруднения, вызывался другой студент, как правило, более сильный, и решение продолжалось до тех пор, пока формула не будет выведена. Николай Николаевич был тогда одним из самых сильных гравиметристов. Им, в частности, были предложены и широко использовались на практике палетки для расчета градиентов силы тяжести и кривизны эквипотенциальных поверхностей. Все студенты имели большую практику использования таких палеток при определении формы соляных штоков. Глубина залегания поверхности соли либо кэпрока (гипсоангидритовая толща в сводовой и присводовой частях соляного купола) считалась известной по данным сейсмо-разведки методом преломленных волн (МПВ) либо бурения. Считалась заданной разность плотностей между солью и контактирующими породами ($\sim 0,3 \text{ г/см}^3$), а также глубина подошвы соляного ядра. Обратная

задача решалась методом подбора, чаще всего в двумерном варианте. Замечу, что многие из нас могли самостоятельно рассчитать палетки, в том числе при конечных значениях гравитирующего поля в направлении, перпендикулярном к профилю. Все расчеты проводились обыкновенно на канцелярских счетах, при пользовании которыми мы все достигли достаточно высокого искусства.

На пятом курсе, по-видимому, по рекомендации Э.Э. Фотиади, который по образованию был астроном-геодезист, нам прочитали достаточно большой курс высшей геодезии и картографии. Лектором был квалифицированный геодезист В.М. Мамонтов, который главное внимание уделял обработке триангуляционных рядов. Мы научились уравниванию тригонометрических сетей, составляя условные, а затем решая нормальные линейные уравнения с большим числом переменных. Все это производилось тогда на арифмометрах и счетах. Мы научились также операциям с дирекционными углами и оформлению планшетов того или иного масштаба. На практике полученные знания по высшей геодезии использовались, в частности, в случаях, когда при проведении рекогносцировочных работ при недостаточном геодезическом обеспечении приходилось выставлять самим дополнительные пункты либо малые ряды четвертого класса.

В 1935 г. я попросил заведующего отделом геофизики треста «Эмбанефть» Э.Э. Фотиади разрешения не принимать участия в полевых работах, а съездить на родину к матери. Он сказал, что запретить он, конечно, не может, но чтобы я имел в виду, что в следующем году, по-видимому, все вакансии в гравиметрических партиях будут заняты. Действительно, после окончания техникума весной 1936 г. начальство предложило мне должность топографа в сейсмической партии, и я был вынужден ее принять. Весь сезон я разбивал сейсмические профили, вычислял координаты концов профилей, закрепляя их на местности трубами. На профилях заранее размечались пункты взрыва и расстановок сейсмографов. В свободное время я знакомился с сейсмической аппаратурой и обработкой сейсмограмм, которая тогда была весьма элементарной (первые вступления). В то время я не имел даже слабой ориентации на то, чтобы стать специалистом по сейсморазведке.

Учеба в техникуме завершилась в 1936 г. дипломной работой. Я должен был детально разобрать путем решения прямой задачи особенности кривых U_{xz} и U_{xy} , т. е. кривых градиентов и кривизны для наклонно залегающего слоя, находящегося на заданной глубине. Обратная задача решалась способом подбора, а также аналитически, причем необходимо было установить устойчивость определения раз-

ности плотностей $\Delta\rho$ между вмещающей средой и слоем. Эту работу я успешно защитил на комиссии из ведущих специалистов техникума и треста «Эмбанефть».

После пятилетнего обучения в техникуме практически все мы (около пятнадцати человек) были способны работать по гравиразведке на уровне инженеров, выполняя весь цикл полевых работ и обработки материалов.

Хотелось бы отметить, что контакты с ленинградскими гравиметристами, обладавшими в большинстве случаев высокой культурой и интеллигентностью, положительно повлияли на меня в смысле повышения моего общего развития. Постоянные обсуждения в партиях, в том числе за обеденным столом, прочитанных книг, рассказы о ленинградских музеях и архитектуре и по другим вопросам культуры заставили и приучили меня к систематическому чтению книг не только беллетристических, но также литературоведческих, исторических, мемуарных и др. Некоторые из ленинградцев неплохо играли на музыкальных инструментах. Например, К.А. Дервиз и Б.В. Котляревский зимой систематически играли на фортепиано в конференц-зале техникума. Мне особенно нравилось исполнение произведений Шопена Константином Александровичем Дервизом. Моему общему развитию способствовали контакты с семьями моих друзей-студентов, особенно семьей Борисевичей-Ливкиных. Это были интеллигенты, вышедшие из среды уральских казаков и окончившие высшие учебные заведения в Петербурге. Тетка Анатолия Сергеевича, моего однокурсника, Елена Автономовна, была ведущим врачом обкомовской поликлиники, и семья была относительно хорошо обеспечена материально, хотя, как известно, в первой половине 30-х годов в стране в целом, и в том числе в Казахстане, жить было довольно трудно. В общезнании мы часто, как говорится, перебивались с хлеба на



Молодая семья. Мария Николаевна – техник-геолог и Николай Никитович – технический руководитель полевой партии сейсмометрии треста «Актюбнефть», г. Темир, Каз. ССР. 1937 г.

воду, и я с удовольствием пользовался гостеприимством семьи Борисевичей и других моих друзей. Одновременно я пользовался их рекомендациями в части чтения наиболее интересных книг. Во время учебы в техникуме, кроме А.С. Борисевича, моими друзьями были Дима Толстов, Лева Тушканов. Последних двух уже нет в живых, а Анатолий Сергеевич Борисевич на пенсии и в 1997 г. отметил свое 85-летие. В техникуме я познакомился со своей будущей женой, Марией Николаевной, которая училась на геологическом отделении.

Хотя, как следует из вышесказанного, в техникуме я получил достаточно хорошую подготовку, но все-таки формально это не было высшим образованием, поэтому уже в конце 1935 г. я поступил на заочное отделение физического факультета Ленинградского университета. В связи с этим на пятом курсе техникума, где программа была достаточно насыщенной, пришлось одновременно выполнять задания и по университету.

Работа в тресте «Актюбнефть». В начале 1937 г. в маленьком городке Темир Актюбинской области был создан трест «Актюбнефть» с геологоразведочной конторой при нем. В то время здесь добыча нефти производилась только на одном месторождении Шубаркудук. Несколько скважин эксплуатировались также на месторождении Джаксымай. Руководителем геофизического отдела ГРК был назначен А.И. Храмой, о котором я упоминал выше. Туда же переехали мои старые знакомые Б.В. Котляревский и К.А. Дервиз. Пригласили также нас с женой, меня в должности технического руководителя в гравитационной партии с вариометрами, а ее — вычислителем. Начальником этой партии был назначен Юрий Николаевич Годин, ставший в 50-е годы академиком АН Туркменской ССР. Партия базировалась недалеко от нефтяного промысла Шубаркудук в живописной долине реки Чийли, где, между прочим, в то время работала сейсмическая партия методом отраженных волн (МОВ) от Всесоюзной конторы геофизических разведок (ВКГР). Начальником этой партии был известный геофизик В.И. Харкевич, с которым мне впоследствии часто пришлось контактировать в Москве, а оператором — В.Д. Завьялов, интерпретатором — А.С. Маркузе. Здесь я впервые увидел сейсмограммы с записью отражений, полученных на 6-канальной станции. Мне рассказали кратко о методике наблюдений, а также показали сейсмические разрезы. Полуавтоматических регуляторов амплитуд тогда еще не было, а автоматических и тем более, и потому для освещения разреза до глубины 2—3 км производились записи с последовательным увеличением заряда. Минимальный заряд часто состоял из одного-двух детонаторов. Это первое мое знакомство с новым для

меня методом отчетливо отпечаталось в памяти и, возможно, подсознательно повлияло на то, что метод отраженных волн стал главным направлением моей последующей производственной и научной деятельности.

Наблюдателями для работы с вариометрами Юрий Николаевич пригласил двух парней с Украины, которые имели небольшой опыт работы с вариометрами. Мы провели детальную профильную съемку, а затем площадную масштаба 1:50000. В конце сезона занимались рекогносцировочной площадной съемкой к северо-западу от Шубаркудука. Окончательная обработка материалов, интерпретация по профилям и составление отчета проводились в Темире.

Сделаем некоторое отступление от вопросов геофизики, чтобы рассказать об особенностях местных условий в тресте «Актюбнефть» и специфике географических условий. Районный центр Темир был когда-то казачьей заставой и одновременно относительно крупным центром торговли скотом. Периодически, как я узнал от местных жителей, здесь организовывались ярмарки, на которые съезжались купцы со всей России. Полуразрушенное здание ярмарки на южной оконечности города я видел своими глазами. Казахи, именуемые ранее киргизкайсаками, пригоняли на ярмарку громадные отары овец, табуны верблюдов и лошадей. Здесь же они могли закупить товары и продукты для кочевой жизни. Отец одной из сотрудниц геофизического отдела рассказывал мне, что больше всего ценились шкуры овец и стоили, по его словам, значительно дороже, чем живая овца.

Коренное население городка состояло в основном из украинцев и русских. Интересно отметить, что недалеко от Темира тогда располагались два относительно больших лесных массива, искусственно созданных еще до революции. Можно предполагать, что в городке была довольно представительная прослойка интеллигенции.

Актюбинские степи сильно отличаются от прикаспийских. Весной в пониженных местах рельефа можно было наблюдать «ковры» диких



тюльпанов самых различных цветов и оттенков: красных, голубых, белых, черных и др. В других районах я больше такого не видел. Летом многие места в степи покрыты выющим ковылем, который, как море, причудливо волнуется при малейшем дуновении ветра.

База треста «Актюбнефть» с небольшим поселком для сотрудников, гостиницей, клубом и т. п. располагались на северной окраине городка, недалеко от Темирки, очень живописной речки, дугообразно опоясывающей городок. В поселке нефтяников у нас было много друзей среди как геофизиков, так и специалистов другого профиля. В конце 1937 г. в Темире у нас родился сын.

Отмечу еще, что перед войной в Темир был сослан известный физик и математик, академик Леонид Самуилович Лейбензон. У него есть труды и по общегеофизическим проблемам. Мне удалось слушать некоторые его лекции в НТО «Актюбнефть» по дифференциальным уравнениям в частных производных, в том числе применительно к задачам теории упругости. Его замечательный курс лекций по теории упругости я детально изучал в последующие годы.

Возвращаясь к моим работам по геофизике, отмечу, что 1938 г. для



Н.Н. Пузырёв в кругу семьи. В первом ряду слева направо: жена сына — Алла Константиновна, мать — Прасковья Андриановна, жена — Мария Николаевна. Второй ряд: сын — Лев Николаевич, Н.Н. Пузырёв, внук — Петр Львович, Академгородок, 1994 г.

меня был переломным. После написания отчета по гравиразведочной партии 1937 г. мы с Ю.Н. Годиным стали все больше задумываться, чем заниматься дальше. Нам было известно, что начиная с 1934—1935 гг. все большую силу набирает сейсмический метод, особенно отраженных волн, причем такая тенденция имела глобальный характер. Помню даже, что на обложке американского журнала «Geophysics» изображалась группа красивых парней, а недалеко от них — человек с ружь-

ем. Надпись гласила: «Не убивайте этих парней — они специалисты по гравиметрии, но могут быть хорошими работниками по сейсморазведке». В начале 1938 г. мы с Юрием Николаевичем предложили создать в тресте «Актюбнефть» сейсмическую партию. Руководитель геофизического отдела согласился с нами, обратившись одновременно в ВКГР за методической консультацией. Работы в этом году проводились методом преломленных волн в основном регистраторами Швейдара и сейсмографами системы Константинова, изготовленными в Ленинградском электрофизическом институте (ЛЭФИ). В середине сезона в партию поступила разработанная под руководством Г.А. Гамбурцева и Л.К. Шведчикова первая отечественная 8-канальная станция СС-2, при помощи которой можно было проводить исследования по методу как преломленных (МПВ), так и отраженных (МОВ) волн.

Начальником этой партии был назначен Ю.Н. Годин, мне предложили должность интерпретатора. Так началась моя сейсмическая карьера, которая продолжается вот уже более шестидесяти лет. Отдельные этапы развития сейсморазведки будут рассмотрены ниже, здесь же я останавливаюсь лишь на некоторых вопросах.

До 1941 г. включительно я работал в тресте «Актюбнефть» в должностях интерпретатора и оператора. В конце этого же года вся геофизическая служба нефтяной промышленности, рассредоточенная ранее по нефтедобывающим трестам, перешла в ведение вновь организованного Государственного союзного геофизического треста (ГСГТ), и на местах были созданы его отделения, в том числе Казахское (КазОГСГТ) с центром в г. Гурьеве. В Актюбинской области работала только одна партия по методу отраженных волн на месторождении Джаксымай, начальником которой был В.М. Шепелькевич, а я исполнял обязанности как оператора, так и интерпретатора. По окончании летнего сезона я переехал в г. Гурьев, где первые два года работал в полевых партиях в тех же должностях, а затем начальником производственного отдела КазОГСГТ.

В 1947 г. приказом Министерства нефтяной промышленности я был назначен главным инженером КазОГСГТ и работал в этой должности до конца 1950 г., когда меня направили консультантом по геофизике в Румынию. Из этой страны я возвратился в середине 1951 г.



*Первооткрыватель месторождений: Искине, Байчунас, Каратон, Сарыкамыс, Мунайлы.
Главный инженер треста «Казахстаннефтегеофизика»,
г. Гурьев, 1949 г.*

СПРАВКА.

24-10-41

№ 6303

ЛЕНИНГРАД

Остр. 10 линия дом 33/34

Телефон 6-80-85

Дана настоящая тов. ПУЗЫРЬЕВУ Николаю Никитовичу в том, что он состоял студентом четвертого курса Физического факультета Отделения заочного обучения Ленинградского Государственного Университета с 28/IX-35 года и за время пребывания на Физическом факультете им сданы экзамены по следующим дисциплинам:

1-й курс.

- | | |
|-------------------------------|------------|
| 1. Основы марксизма-ленинизма | - ОТЛИЧНО |
| 2. Высшая математика | - удовлет. |
| 3. Общая физика часть I | - ОТЛИЧНО |
| 4. Общая астрономия | - хорошо |

II-й курс.

- | | |
|--------------------------------|-----------|
| 1. Высшая математика | - ОТЛИЧНО |
| 2. Общая физика часть II | - ОТЛИЧНО |
| 3. Оптика | - ОТЛИЧНО |
| 4. 1-ая физическая лаборатория | - ОТЛИЧНО |

III-й курс.

- | | |
|---------------------------|------------|
| 1. Высшая математика | - ОТЛИЧНО |
| 2. Электричество | - ОТЛИЧНО |
| 3. Электронные явления | - удовлет. |
| 4. Теоретическая механика | - ОТЛИЧНО |

IV курс.

- | | |
|--|-----------|
| 1. Высшая математика | - ОТЛИЧНО |
| 2. Теоретическая механика часть II | - ОТЛИЧНО |
| 3. Химия (неорганическая и физическая) | - ОТЛИЧНО |

Отчислен 20/III-41 года по собственному желанию.

ЗАВЕДУЮЩИЙ



СТЫБ

ЗАМ. ДЕКАНА

ФАК-ТА

С

и сразу же был назначен старшим инженером в Туймазинскую методическую экспедицию НИИГР Миннефтепрома, а в следующем году — главным инженером и находился в этой должности до конца 1953 г.

В этом же году защитил кандидатскую диссертацию, а с 1954 по 1959 г. выполнял тематические исследования, в том числе подготовил монографию «Интерпретация данных сейсморазведки методом отраженных волн». Эта работа была представлена в качестве докторской диссертации, защита которой состоялась весной 1960 г.

Весной 1959 г. меня пригласили занять должность заведующего лабораторией сейсмометрии в Институт геологии и геофизики Сибирского отделения АН СССР, в 1966 г. меня избрали членом-корреспондентом АН СССР, а в 1984 г. ее действительным членом (академиком).

Вплоть до начала войны я систематически сдавал экзамены в Ленинградском университете, стремясь в первую очередь изучить те предметы на физическом факультете, которые казались мне наиболее важными для моей геофизической работы. В первую очередь я сдал экзамены по высшей математике за весь курс физического факультета, а также такие предметы, как общий курс физики, курсы теоретической механики, механики сплошных сред, оптики, астрономии, электродинамики, электронных явлений. Из специальных предметов я не успел сдать дисциплины, связанные с теорией относительности, квантовыми процессами и т. п. Откровенно говоря, у меня и не было энтузиазма детально вникать в физику микромира, так как переход в сейсморазведку требовал самостоятельной подготовки по теории упругости, геометрической сейсмике, теории узлов сейсмической аппаратуры, обработке информации и другое, что было не так трудно делать при хорошей физико-математической подготовке в университете.

Учеба по расширенной программе в области геофизики, особенно гравиметрии, в техникуме и учеба на заочном отделении физфака университета, а также самообразование позволили мне достичь достаточно высокого уровня научно-технической квалификации. Вместе с тем я постоянно ощущал, в первую очередь с чисто моральной точки зрения, отсутствие законченного высшего образования, хотя последнее практически не сказывалось на моей производственной карьере, а впоследствии на научном поприще.

КРАТКИЙ ОЧЕРК НАУЧНОЙ, НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННОЙ, ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И ОБЩЕСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Николай Никитович Пузырёв — действительный член АН СССР (впоследствии Российской академии наук), крупнейший ученый-геофизик в области наук о Земле, динамической сейсмологии, петрофизики, геодинамики, физики процессов возбуждения и распространения упругих волн в земной коре, глубинных сейсмических зондирований. Его имя широко известно в нашей стране и странах СНГ, а также во многих государствах дальнего зарубежья. Николаю Никитовичу принадлежит выдающаяся роль в становлении и развитии нефтяной геофизики, главным образом ее сейсмического направления. Он фундаментально исследовал проблемы интерпретации данных сейсмических отраженных волн, разработал методику изучения скоростей распространения сейсмических волн с использованием глубоких скважин, ввел понятие и открыл закономерности формирования обобщенных полей времен в геологических средах с различной формой границ. Николай Никитович является основателем и крупнейшим теоретиком новых сейсмических методов исследований земной коры и верхней мантии. К их числу относятся метод дифференциальных глубинных сейсмических зондирований и многоволновая сейсмическая разведка. Им была подхвачена и творчески развита идея, высказанная академиком Г.А. Гамбурцевым в 1939 г. Она касалась использования в разведочной геофизике полной совокупности механических колебаний,



использованием глубоких скважин, ввел понятие и открыл закономерности формирования обобщенных полей времен в геологических средах с различной формой границ. Николай Никитович является основателем и крупнейшим теоретиком новых сейсмических методов исследований земной коры и верхней мантии. К их числу относятся метод дифференциальных глубинных сейсмических зондирований и многоволновая сейсмическая разведка. Им была подхвачена и творчески развита идея, высказанная академиком Г.А. Гамбурцевым в 1939 г. Она касалась использования в разведочной геофизике полной совокупности механических колебаний,

возникающих при искусственном возбуждении и распространяющихся в земной коре в виде продольных, поперечных и обменных волн. Впоследствии это вылилось в открытие нового самостоятельного научного направления, которое интенсивно развивается в настоящее время не только в России, но и за рубежом. Ни на минуту не теряя связи с производственными организациями, Николай Никитович явился создателем новых принципов взаимодействия науки и производства. Именно по его настоянию была создана специализированная сейсмическая экспедиция в Новосибирске, превратившаяся в дальнейшем в крупнейшую опытно-методическую и производственную базу нефтяной геофизики на востоке России.

Много сил и энергии отдано Н.Н. Пузырёвым подготовке научных кадров и специалистов-геофизиков. Профессор, руководитель широко известной научной школы в стране, автор более 270 научных публикаций, изобретений и патентов, скромный и обаятельный человек — кладёшь геофизических знаний, он снискал всеобщее уважение и признание в качестве одного из лидеров в геофизике. В знак признания его выдающихся заслуг перед наукой Н.Н. Пузырёв в 1966 г. был избран членом-корреспондентом, а в 1984 г. — действительным членом Академии наук СССР, награжден пятью орденами СССР и России. Ему присвоены высшие профессиональные звания «Почетный разведчик недр СССР» и «Почетный нефтяник СССР».

Ступени роста (преддверие)

Становление Николая Никитовича как геофизика прекрасно описано им самим в приведенной выше главе из его мемуарной книги, и этот этап его жизни мы опишем совсем коротко.

В 1931 г. после окончания школы по специальному письменному запросу геологоразведочной конторы (ГРК) треста «Эмбанефть» поступил туда на работу. Через некоторое время двое молодых людей в возрасте неполных семнадцати лет получили направление в гравиметрическую партию, где в то время начальником был Эпаминонд Эпаминондович Фотиади, впоследствии выдающийся ученый-геофизик в области потенциальных полей Земли и геодинамики. С этого года начинается длительный путь молодого Н.Н. Пузырёва в разведочной геофизике. Примечательно, что становление его как специалиста, а впоследствии и выдающегося ученого, не было обременено багажом специальных знаний, которые молодой

Л. Т. 3. 5 г.
Листопад 1936

ЯКОВЛЕВО

ЯКОВЛЕВ 4

згідно вироку

Вибрано Насильсько

Л. м. села Яковлево

в селу Яковлево р. м.

Позирелу Г. Павлову

7. Янв. 1936

А. м. с. с. р.

Надшиєвату вим. чий уєисієм.

Тейко произаодячї из р. м.

сейд Яковлево Кресівщинї по сїу-

помештїю середняков с 1929 годѣ

из предѣлов селї Яковлево вибачи

кравї рѣшеномачем помештїю мїон

чий згідно вироку



Представленїє
С. М. Г. Ступенка

Исторический документ сельсовета села Яковлево от 7 января 1936 г.

человек получает в высшем учебном заведении и уже на его основе специализируется в той или иной области. Этот объем знаний порой становится тормозом в дальнейшем развитии молодого специалиста, если он преподносится преподавателями в качестве раз и навсегда установленных истин без их критического разбора и освоения. Эта чаша минула Николая Никитовича: с первых дней своей служебной карьеры он работал на самом переднем крае становления новой науки, новой сферы производства, непосредственно связанной с новейшими достижениями в математике, физике, механике и геологии. Тем более что его первыми учителями стали люди творческого поиска, смелые и решительные представители молодой науки Советского Союза.

Профессиональную деятельность будущий академик крайне успешно совмещал с учебой, сначала в Гурьевском горно-нефтяном техникуме, а затем — Ленинградском университете и Ленинградском горном институте, студентом которого Н.Н. Пузырёв пробыл всего лишь 5 месяцев до сентября 1941 г. — времени начала блокады города Ленинграда.

До 1941 г. Н.Н. Пузырёв работал в тресте «Актюбнефть», совмещая должности прораба и инженера-интерпретатора. В 1941 г. был создан Государственный союзный геофизический трест (ГСГТ), объединивший все до тех пор разрозненные производственные организации геофизического профиля. На местах создавались его отделения. Так возникло Казахстанское отделение (КазОГСГТ) с центром в г. Гурьев. В этом же году Н.Н. Пузырёв переехал в г. Гурьев. В 1943 г. он стал начальником производственного отдела КазОГСГТ, а в 1947 г. приказом министра нефтяной промышленности СССР был назначен главным инженером треста «Казахстаннефтегеофизика».

В 1946 г. за трудовые успехи в годы Великой Отечественной войны Указом Президиума Верховного Совета СССР Н.Н. Пузырёв был награжден медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.», а в 1948 г. за успехи в области разведки новых месторождений нефти в Прикаспийской впадине — орденом «Знак Почета».



Проработав в должности главного инженера производственной геофизической организации неполных три года, Н.Н. Пузырёв закончил свою производственную карьеру: решением Совета министров СССР в 1950 г. он был направлен в годичную командировку в Румынию, в должности консультанта-инспектора геофизических работ для оказания помощи румынскому народу по восстановлению нефтяной промышленности.

Впервые в своей жизни бывший деревенский мальчик из самых глубин России попал за пределы страны. До начала войны, а также в течение всех военных лет в Румынии работали в основном иностранные геофизики, в частности сейсморазведчики. Изучить их опыт, методические приемы работы и особенно интерпретации представлялось весьма полезным и необходимым для дальнейшего собственного совершенствования в этой области. Геофизическая разведка в Румынии после окончания войны проводилась совместным советско-румынским акционерным обществом «Совромпетроль», к которому и был прикомандирован консультантом Н.Н. Пузырёв. Исследования проводились методом отраженных волн. Общий уровень этих работ был не выше, а даже несколько ниже, чем в СССР и особенно в Эмбинском районе. Консультации партий в «Совромпетроле» не занимали много времени вследствие незначительного объема работ, поэтому Николай Никитович стал интересоваться всем комплексом разведочной геофизики, который развивался в Румынии до и во время войны. Выяснив, что никаких обобщений по этим работам не было сделано, консультант решил восполнить этот пробел, хотя бы на уровне краткого обзора. С помощью специалистов Академии наук Румынии Николай Никитович за короткое время собрал практически все материалы отчетов румынских геологов и геофизиков и составил подробный обзор этих работ на русском языке. (Правда, при отъезде на родину Николаю Никитовичу даже не разрешили взять с собой копию этого обзора.) В результате этой важной работы им было показано, что геофизическая разведка, проводимая западными фирмами в Румынии, не имела каких-либо преимуществ перед геофизикой Советского Союза как в методике наблюдений, так и в применяемых технических средствах.

Николай Никитович также прочитал цикл лекций по методике и интерпретации сейсмических данных методами отраженных и преломленных волн группе выпускников физического факультета Бухарестского университета. Первый педагогический опыт Николая Никитовича оказался на редкость удачным. При повторном по-

сещении Румынии в 1979 г., уже маститым ученым-геофизиком, Николай Никитович среди ведущих румынских специалистов-сейсмиков узнал бывших своих слушателей.

Летом 1951 г. Н.Н. Пузырёв вернулся на родину. В этом же году ему исполнилось 37 лет, двадцать из которых было посвящено геофизике (пять лет учебы в техникуме, затем дальнейшее совершенствование путем непрерывного самообразования и упорный труд на производстве, особенно в годы войны). В 33 года главный инженер крупнейшего в стране геофизического производственного треста — отличная карьера для профессионала, обладающего глубокими знаниями, навыками организатора производства, высоким авторитетом, проявляющего изобретательность, инициативу, упорство и настойчивость в решении поставленных задач. За эти годы им был приобретен уникальный, всесторонний опыт практического сейсморазведчика — методиста и ведущего интерпретатора данных отраженных и преломленных волн, оператора сейсмической станции. Обнаружился и исследовательский талант еще сравнительно молодого, но уже опытного и закаленного производством человека.

К этому времени им были решены первые научно-методические задачи, которые возникали в процессе интерпретации отраженных и преломленных волн в Прикаспийской впадине, и найдены способы изучения неоднородного скоростного разреза, определения элементов залегания отражающих и преломляющих границ. Полученные результаты были опубликованы в тематических сборниках геофизиков-разведчиков, а имя Н.Н. Пузырёва приобрело широкую известность среди разработчиков научных основ сейсмического метода разведки. У Николая Никитовича появилось сильное желание углубиться в творческий научный поиск новых возможностей сейсморазведки, в развитие теории распространения упругих волн. Необходимо было решиться: либо бесповоротно изменить прежний характер своей деятельности, отбросить успешно складывающуюся производственную карьеру и отдать все свои силы научному творчеству, либо вновь и вновь заниматься вопросами организации, методики, отчетами, проектами и т. п. Николай Никитович, не колеблясь, выбрал науку. В 1951 г. он был принят на работу в Научно-исследовательский институт геофизических методов разведки (НИИГР) Министерства геологии СССР (с 1958 г. — ВНИИгеофизика).



Тематические и методические работы московского периода (1951—1960)

К началу пятидесятых годов объем сейсморазведочных работ в Советском Союзе и, прежде всего методом отраженных волн, чрезвычайно вырос, общее количество сейсмических отрядов исчислялось уже сотнями. География распространения сейсморазведки включала в себя практически все регионы СССР, считавшиеся перспективными на обнаружение нефтяных месторождений, — от знойных пустынь Туркмении до приполярных областей Северного Урала. Это предопределило большое разнообразие объектов исследований в геологическом плане, так же как и не меньший разброс благоприятных и неблагоприятных условий проведения сейсморазведочных работ. Это накладывало отпечаток на методику возбуждения и регистрации отраженных волн, на качество их прослеживания, которое зачастую резко менялось даже на одном и том же профиле. Нужно было собрать эти разнообразные данные, провести их детальный анализ, дополнить существенно новыми экспериментами и на этой основе сделать необходимые обобщения.

Вскоре после возвращения из Румынии приказом директора НИИГР Николай Никитович назначается старшим инженером группы партий Туймазинской опытно-методической геофизической экспедиции с задачей разработать методику поиска пологих платформенных структур с амплитудой, не превышающей 50 м. Задача существенно осложнялась весьма необычными условиями возбуждения и регистрации отраженных волн в Урало-Поволжском регионе в связи с изменчивостью гидрогеологических параметров в приповерхностной части разреза. Многолетний опыт работ на Эмбе помог Н.Н. Пузырёву успешно решить эту задачу. Николай Никитович впервые разработал и применил методы контроля условий



*Н.Н. Пузырёв в рабочем кабинете.
ВНИИгеофизика, г. Москва, 1954 г.*

возбуждения путем скрупулезного изучения литологических особенностей верхней части разреза. Одновременно с процессом подготовки скважин для взрывного источника проводилось изучение распределения скоростей сейсмических волн по наблюдениям прямых волн, регистрируемых специальной расстановкой сейсмографов. Результатом нетрадиционно решенной задачи явилось выделение литологически однородного структурного этажа в верхней части разреза, размещение взрывного источника в котором обеспечивало устойчивое прослеживание всей совокупности отраженных волн. В дальнейшем этот метод получил наименование «обращенного микросейсмокаротажа мелких скважин». Проведение таких наблюдений вдоль профиля давало возможность выделять границу высокоскоростного слоя и соответствующим образом адаптировать глубину источника. Этот подход был рекомендован другим геофизическим организациям специальным приказом начальника «Главнефтегеофизики» Миннефтепрома СССР. Указанные работы, сопровождавшиеся написанием большого числа научных статей, систематическое чтение специальной литературы в значительной степени расширили и углубили и без того высокий уровень знаний Николая Никитовича в области сейсморазведки.

В этот же период он знакомится с работой многочисленных геофизических организаций, крупными специалистами-сейсмиками и выдающимися учеными, в том числе с наиболее авторитетным в те годы академиком Г.А. Гамбурцевым (1903—1955). Обсуждение животрепещущих вопросов сейсморазведки дало возможность Николаю Никитовичу приступить к работе над крупными геолого-геофизическими обобщениями и написанию теоретико-методических монографий. Работа в этом направлении потребовала проведения серьезных теоретических исследований, решения многочисленных задач интерпретации данных сейсморазведки МОВ, выполнения большого объема расчетов. Для этого в Туймазинской экспедиции была организована специальная тематическая партия, работавшая под руководством Николая Никитовича. Первый по времени труд, обобщающий результаты предшествующих работ, был представлен в начале 1953 г. Он был посвящен анализу использования в сейсморазведке моделей сред с непрерывно меняющейся скоростью по глубине и включал в себя как новые, так и ранее опубликованные им результаты. В этом же году переработанный его вариант был представлен Н.Н. Пузырёвым в качестве диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Для защиты этой работы потребовалось преодолеть ряд формальных препятствий, поскольку соискатель Н.Н. Пузырёв формально не имел законченного высшего образования и не мог быть допущен к защите без специального разрешения ВАК. Благодаря ходатайству Миннефтепрома и личной поддержке академика Г.А. Гамбурцева, в то время директора Геофизического института АН СССР, такое разрешение было получено, и в этом же году диссертация была успешно защищена.

В 1957 г. вышла в свет небольшая монография под названием «Измерение сейсмических скоростей в скважинах», которая была подготовлена на основе работ Н.Н. Пузырёва в Туймазинской экспедиции. Книга вобрала в себя весь предшествующий опыт по скважинным сейсмическим измерениям от методики до интерпретации результатов и способов приведения наблюдаемых на наклонных лучах к вертикали времен. Большое внимание уделялось учету неоднородностей в среде; были проанализированы способы определения скоростей по годографам отраженных волн и обобщены результаты сейсмических исследований за семилетний период. По материалам этой работы был написан обширный отчет, при защите которого на НТС ВНИИгеофизики оппоненты рекомендовали представить его в качестве монографии и защитить как диссертацию на соискание ученой степени доктора наук. Рукопись отчета была переработана — и в конце сентября 1959 г. тиражом 6600 экземпляров вышла знаменитая «Синяя книга». В первом квартале 1960 г. весь тираж был раскуплен, а издание стало библиографической редкостью. Несмотря на то, что со времени выхода книги прошло 50 лет, до настоящего времени она является настольной книгой геофизика-сейсморазведчика.

Результатом следующего этапа обобщений явилась полная систематизация основных вопросов методики полевых работ и интерпретации материалов сейсморазведки. Были установлены место сейсморазведки в комплексе поисково-разведочных работ, в том числе в Урало-Поволжье, а также пути дальнейшего развития сейсмического метода. Кроме того, впервые были проанализированы способы корреляции волн с учетом их интерференции, обосновано использование сейсмического импульса с колокольной огибающей, который в настоящее время широко используется при решении прямых и обратных задач. Этот импульс получил в дальнейшем наименование «импульса Пузырёва» наряду с известными названиями импульсов Берлаге и Риккера. Значительное место уделено годографам симметричных точек,

что предвосхитило появление понятия годографов ОГТ (общей глубинной точки), обладающих теми же свойствами.

Одновременно с названной выше трудоемкой работой в 1958 г. руководство Института приняло решение организовать методическую сейсмическую партию по опробованию возможностей возбуждения и регистрации сейсмических волн непродольного типа при повышенных интенсивностях воздействий на грунт. К тому времени были хорошо известны теоретико-экспериментальные работы большой группы ленинградских математиков и геофизиков по динамической теории распространения сейсмических волн, выполненных под руководством Г.И. Петрашеня. Ими было показано, что при определенных условиях в среде возбуждаются и распространяются поперечные волны, которые были зарегистрированы в экспериментах с глубин до 50 м. Эти работы подтвердили, в частности, высказанное еще до войны предположение Г.А. Гамбурцева о перспективности использования поперечных волн и прежде всего типа SH. Руководить новым направлением исследований во ВНИИгеофизике было предложено Николаю Никитовичу, который без колебаний согласился. Это было, как говорится, «роковым» решением, определившим не только важнейшую область его научных интересов, но и всю его последующую судьбу. Совершенно новые экспериментальные исследования в этом направлении, организованные в Саратовском Поволжье, принесли первые результаты, а чувство нового и наблюдение порой неожиданных физических эффектов воодушевило исследователей, которые проявляли невиданный энтузиазм, как, впрочем, и сам руководитель.



Первый эксперимент по возбуждению поперечных волн в Сибири. Копер высотой 5 м, пос. Болотное, Новосибирская обл., 1965 г.

Примерно через год Николая Никитовича пригласил на беседу Эпаминонд Эпаминондович Фотиади, избранный к тому времени членом-корреспондентом АН СССР, а некоторое время спустя и академик Андрей Алексеевич Трофимук, назначенный директором Института геологии и геофизики только что организованного Сибирского отделе-

ния АН СССР (ИГиГ СО АН СССР). Они предложили Николаю Никитовичу переехать в Сибирь и создать в новом институте лабораторию сейсморазведки, возглавив тем самым сейсмические исследования. Оценив открывающиеся перед ним еще более широкие возможности для научного творчества, Николай Никитович согласился на переезд в Новосибирск.

Руководство ВНИИгеофизики, не препятствуя переезду Николая Никитовича в Сибирь и хорошо понимая, какие перспективы для геофизической науки открывает это новое предложение, а также и то, что возглавить эту работу может только Н.Н. Пузырёв, тем не менее предложило ему продолжать руководить работой методической партии, находясь в Новосибирске. Неформальным куратором работ ВНИИгеофизики по многоволновой сейсморазведке Н.Н. Пузырёв оставался еще долгие годы.

1 апреля 1959 г. Николай Никитович Пузырёв был переведен в штат ИГиГ СО АН СССР на должность заведующего лабораторией сейсмометрии и сейсморазведки. Однако окончательное переселение в новосибирский Академгородок произошло через полтора года. Все это время Николай Никитович осуществлял руководство исследованиями поперечных волн, продолжавшимися во ВНИИгеофизике и уже начатыми в Новосибирске.

К концу 1960 г. был выполнен большой объем экспериментальных исследований, результаты которых показали, что нельзя надеяться на решение задач нефтяной геологии при помощи ударных направленных воздействий, а попытки создания мощных взрывных источников доказали необходимость разработки особых технологий использования взрывных воздействий. Первые попытки использования взрывов для возбуждения поперечных волн дали положительный результат, однако уровень сопутствующих при этом волн-помех был настолько велик, что говорить об их промышленном использовании не приходилось. По этой причине исследования 1960 г. в Саратовской области проводились в небольшом объеме и только по регистрации обменных PS-волн, возбуждение которых было идентично продольным.

В этом же году Н.Н. Пузырёв представил и успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук и с новеньким дипломом навсегда переселился в новосибирский Академгородок.



Сибирь, Сибирь, моя Сибирь

Николаю Никитовичу Пузырёву минуло 45 лет, когда он окончательно обосновался в Сибири. Он — доктор наук, автор двух монографий, одна из которых стала настольной книгой всех сейсморазведчиков страны. Наиболее важные результаты научных исследований были еще впереди. Действительно, сорок пять лет — это возраст, когда энергия, работоспособность, инициатива, смекалка, да и простая усидчивость, прилежание должны обеспечить существенный прогресс и продвижение в любимом деле.

Прежде всего на новом месте необходимо было сформировать коллектив лаборатории, который разделял бы идеи своего руководителя. Не менее важной задачей было формирование круга изучаемых проблем с учетом новых условий работы и возможностей. Новый заведующий лабораторией сейсморазведки вполне отчетливо понимал, что интерес к работе, энтузиазм исследователей могут вызвать только новые направления развития сейсморазведки, а не те, привычные уже, задачи, которые решались в ту пору большинством научных подразделений. Нельзя упускать из виду и то обстоятельство, что наступил период бурного расцвета науки в СССР. Вспомним хотя бы первый полет человека — гражданина СССР — в космос, успехи в геологии (открытие алмазов), в геофизике (первые экспедиции в Антарктику, запуск первых высотных метеорологических ракет), достижения в технике (новые типы пассажирских самолетов, электрификация Транссибирской железнодорожной магистрали, строительство мощных ГЭС). В этих условиях нельзя было промахнуться и Николай Никитович действительно попал, как говорится, «в яблочко».

Первой проблемой, актуальной и поныне, для лаборатории сейсморазведки стало проведение глубинных сейсмических исследований Сибири в условиях труднопроходимой и малодоступной местности. Тем более, что знания о строении Сибирской платформы и Сибирской плиты признавалось необходимым условием для понимания закономерностей формирования месторождений нефти в Сибири, первые открытия которых относятся к этому времени. Эта проблема фундаментальна и имеет общенаучное значение. Как опытный разведчик нефтяных месторождений, Николай Никитович хорошо понимал недостаточность традиционной сейсморазведки в свете расширяющихся запросов нефтяников-поисковиков, направленных на прогноз углеводородов в структурах, выделенных по сейсмическим данным. Необходимость повышения геологической эффективности



Первые сотрудники лаборатории сейсмометрии ИГиГ СО АН СССР в день 60-летия Н.Н. Пузырёва.

Слева направо: первый ряд — жена Николая Никитовича Мария Николаевна, Г.Н. Лебедева, И.Р. Оболенцева, второй ряд — З.Р. Мишенькина, А.Л. Крылова, Т.В. Нефёдкина, О.И. Павлова, третий ряд — А.В. Тригубов, А.П. Бочанов, Б.П. Мишенькин, С.В. Крылов, Г.В. Егоров, Н.Н. Пузырёв, В.М. Соловьёв, И.С. Чичинин, Е.М. Аверко, В.Д. Суворов.

сейсмических методов поставила в повестку дня развитие сейсморазведки на поперечных волнах не как альтернативу продольным, а как дополнительное средство изучения новых физических параметров геологического разреза. Эта проблема вырисовывалась, прежде всего, как физическая, с выходом на сейсморазведку. Заметим попутно, что зарубежные геофизики, в первую очередь из Японии и США, также изучали поперечные волны, но не смогли наметить перспективы их практического использования.

Вместе с тем формулировка двух таких масштабных и фундаментальных проблем остро поставила вопрос о возможностях их решения. Простой анализ состояния дел и перспектив их развития показал, что без долговременной и устойчивой кооперации с производственными организациями решение этих проблем невозможно. Впервые заговорили о том, что сейсмические исследования, как и разведка, относятся к разряду самых наукоемких производств. Следовательно, перед новым руководителем сейсморазведчиков Академгородка встала еще

одна, пожалуй, самая хлопотливая и нетрадиционная для ученого задача: найти такие организации и убедить их в необходимости совместной работы.

Такая постановка проблемных исследований в лаборатории нашла полную поддержку у руководства Сибирского отделения и ИГиГ СО АН СССР. Интересно отметить, что через 30 лет Николай Никитович вновь оказался под патронажем своего первого учителя в геофизике — Эпаминонда Эпаминондовича Фотиади, занявшего пост заместителя директора ИГиГ СО АН СССР.

Началась активная научно-организационная деятельность Николая Никитовича: подбор кадров, членство в ученых советах, комиссиях, поездки в производственные геофизические организации, выступления на совещаниях, где приходилось много сил и энергии тратить на убеждение в необходимости прямого сотрудничества с Институтом геологии и геофизики. Наконец, «лед тронулся», и работа, ради которой он приехал в Сибирь, закипела.

Важнейшая организационная задача формирования коллектива научных работников, причем таким образом, чтобы исследования по названным двум проблемным направлениям были начаты сразу с момента его организации, была решена Николаем Никитовичем с удивительной прозорливостью. Все исследования были разбиты по задачам, каждая из которых решалась отдельными исследовательскими группами. Такие группы возглавляли ученые, либо кандидаты наук, либо имевшие большой опыт исследований и способные быстро подготовить диссертации. Следующая группа специалистов — это более молодые сотрудники, в основном выпускники вузов, специализировавшиеся по сейсморазведке. Кроме того подбирались аспиранты и студенты. Такой подход обеспечил не только быстрое решение исследовательских задач, но и перспективное развитие лаборатории. Через 10 лет лаборатория сейсморазведки стала родоначальницей шести новых лабораторий сейсмического направления. При этом руководители этих новых научных коллективов выросли в лидеров в лаборатории Николая Никитовича. Позже, на основе этих и других лабораторий, возник Институт геофизики Сибирского отделения РАН, который сейчас трансформирован в отделение геофизики Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН.

Другим не менее важным вопросом, который предстояло решить в первую очередь, был выбор первоначальных подходов к решению двух фундаментальных задач — как своеобразных ниточек, потянув за которые, можно было найти путь к решению сформулированных проблем. Такими «двумя ниточками» оказались методы дифференциальных «точечных» глубинных сейсмических зондирований



Н.Н. Пузырёв с любимым учеником С.В. Крыловым.

Николая Никитовича оказался более чем обоснованным. Буквально через два года после организации лаборатории стали появляться результаты фундаментального значения. Многие специалисты-геофизики хорошо сознавали, что без проведения глубоких сейсмических исследований нельзя составить сколько-нибудь правдоподобного представления о строении консолидированной коры и верхней мантии, повышенный интерес к которым возник вследствие открытия первых месторождений нефти на территории Западной Сибири. Перед региональными сейсмическими

в труднодоступных регионах Сибири, сформировавшийся в противовес уже существовавшему непрерывному профилированию; возбуждения и регистрации поперечных сейсмических волн. Задачи решались небольшими группами исследователей, а полученные результаты немедленно использовались их коллегами по лаборатории, проводившими исследования в других направлениях. Выбор



Рабочее совещание в кабинете зам. директора ИГиГ им 60-летия Союза ССР, г. Новосибирск, Академгородок, 1985 г.



Группа сибиряков-геофизиков во главе с Н.Н. Пузырёвым на международном симпозиуме «Рифт», г. Иркутск, 1975 г.

исследованиями стояли две задачи: определение глубин до подошвы консолидированной коры и оценка скоростной дифференциации разреза до 40—50 км.

До проведения непосредственных полевых наблюдений сотрудниками лаборатории была осуществлена большая работа по теоретическому обоснованию новой методики дифференциальных сейсмических зондирований (МДСЗ) в труднодоступных районах. Ее особенностью является достаточно произвольное расположение источников и приемников по маршруту наблюдений на сравнительно небольших расстояниях друг от друга. Другая особенность предложенной методики регистрации глубинных волн состояла в отделении регулярных волн от случайных сигналов с использованием вычисленных радиусов корреляции. Это позволило использовать короткие расстановки сейсмографов на профилях протяженностью 500—1000 м. Теоретической основой методики послужила выдвинутая Николаем Никитовичем идея построения обобщенных полей времен преломленных и отраженных волн. Первые публикации появились в 1963 г., сразу после экспериментального опробования. Обобщенные поля времен в зависимости от координат источника и приемника могут быть рассчитаны для моделей среды

в трехмерном пространстве при известном распределении скоростей. Эффективность МДСЗ была опробована на отраженных и преломленных волнах от опорных горизонтов при изучении палеозойского и кристаллического фундаментов в Западной Сибири. Положительные результаты применения методики МДСЗ позволили распространить ее и на области современного рифтогенеза, в частности на Байкальскую зону. Самые первые результаты этих исследований были доложены на Всемирном геофизическом конгрессе в августе 1969 г. в Мадриде и вызвали чрезвычайно большой интерес специалистов. Исследования в этом направлении продолжаются до сих пор, давая все новые и новые результаты.

В 1977 г. Николай Никитович представил свой доклад о глубинном строении Байкальской рифтовой зоны (БРЗ) на Международном конгрессе в г. Дарэм (Англия). К этому времени было получено большое количество первоклассных сейсмических материалов по БРЗ, вследствие чего эта зона оказалась наиболее полно изученной сейсмическими методами по сравнению с другими континентальными рифтами. Результаты этих исследований были обобщены, построены структурные карты и представлено пространственное распределение скоростей. Эта работа закончилась изданием монографии «Недра Байкала (по сейсмическим данным)», где Николай Никитович выступил в роли редактора (1981).

Глубинные сейсмические исследования с использованием МДСЗ были проведены в Восточной Сибири: изучались мощность осадочного чехла и положение поверхности кристаллического фундамента древней Сибирской платформы. Такие же работы были организованы в Якутии, в районе г. Мирный и к северу от него. Их результаты подтвердили наличие кимберлитовых трубок и выявили значительные аномалии в упругих характеристиках верхней мантии. Это не только имело важное научное значение, но и дало выход на новые перспективные алмазоносные районы. Дальнейшее развитие эта методика получила при геолого-геофизических исследованиях Антарктиды, в результате которых в западной части материка установлены большая мощность осадочного чехла и значительные колебания глубины до границы Мохоровичича.

Вопросами глубинных сейсмических зондирований в условиях Сибири занимались не только Н.Н. Пузырёв и сотрудники лаборатории сейсморазведки, но и крупные производственные организации Сибири. Вместе с этой важной и трудоемкой работой параллельно развивался и теоретико-методический подход к решению прямых и обратных задач сейсмологии и созданию основ общей сейсмологии.

К этому времени лаборатория сейсморазведки как в научном, так и в кадровом аспекте выросла настолько, что стало целесообразным на ее основе сформировать сейсмический отдел из шести отдельных самостоятельных лабораторий. Руководство этой работой было поручено Николаю Никитовичу, избранному на пост заместителя директора ИГиГ по научной работе. Несмотря на возросшую занятость организационными делами, Николай Никитович находил время для продолжения давно задуманной работы по обобщению теории полей времен сейсмических волн.

Понятие полей времен проходящих волн для заданного в пространстве положения источника и набора приемников было введено в 40-х гг. прошлого века для решения задач в методах отраженных и преломленных волн путем операций с изохронами. Обобщение поля времен для двумерных моделей было введено Николаем Никитовичем при разработке методики дифференциальных глубинных зондирований в 60-х гг. На базе большого экспериментального материала в конце 70-х гг. это понятие было распространено и на трехмерный случай. Новое понятие поля времен, в отличие от предыдущего, оперирует с произвольным распределением в пространстве как источников, так и приемников. Прямые и обратные задачи решаются с помощью лучевых представлений для разных классов волн. При наличии анизотропии скоростей поле времен поперечных волн разделяется на два, связь между которыми зависит от соотношения между параметрами анизотропии.

Теория полей времен для отраженных волн была изложена Николаем Никитовичем в крупной монографии «Временные поля отраженных волн и метод эффективных параметров», изданной в 1979 г. В 1986 г. эта работа была отмечена премией им. О.Ю. Шмидта Академии наук СССР.

И все же, несмотря на крупные успехи в разработке нового метода дифференциальных глубинных сейсмических зондирований и его практически повсеместное исполь-



Н.Н. Пузырёв в рабочем кабинете после избрания действительным членом АН СССР. 1984 г.

зование в практике сейсморазведки, главным и, по-видимому, любимым детищем Николая Никитовича являлась многоволновая сейсморазведка. Решению задачи создания физико-геологических основ нового комплексного метода сейсмических исследований Николай Никитович уделял большую часть своего времени. Да и немудрено, ибо разработка вопросов функционирования нового метода включала в себя не только чисто теоретические и экспериментальные исследования, но и многочисленные технологические задачи. Стержнем этого преимущественно поисково-разведочного направления явилось теоретико-методическое обоснование использования поперечных и обменных волн в комплексе с продольными, что и получило в дальнейшем наименование «метода многоволновой сейсморазведки» (МВС).

С самого начала исследований, т. е. с конца 1950-х гг., основные усилия сотрудников лаборатории были направлены на разработку среднечастотной модификации с использованием взрывных источников, традиционных для сейсморазведки в целом. Параллельно шли исследования по регистрации полного сейсмического волнового поля как наземными, так и скважинными приборами, изучались кинематические и динамические параметры сдвиговых колебаний в самых разнообразных сейсмогеологических условиях. Заметное место в теоретических исследованиях занимали и продолжают занимать задачи изучения сейсмической анизотропии геологических объектов и явлений дифракции сейсмических волн. Большое значение, как выяснилось в дальнейшем, имело направление исследований, связанное с созданием новых алгоритмов обработки экспериментальных данных, полученных с использованием поперечных и обменных волн. С первых же экспериментов по возбуждению сдвиговых волн стало ясно, что взрывные источники могут устойчиво возбуждать поперечные волны не во всех сейсмогеологических условиях. Кроме того, развитие взрывного процесса происходит так стремительно, что контролировать его и тем более управлять им практически невозможно. Это привело к решению о создании универсального поверхностного источника вибрационного типа, способного генерировать продольные и поперечные волны при помощи простого изменения направления механической силы, действующей на грунт.

Начальным этапом исследований в этом направлении необходимо считать работы, связанные с изучением кровли кристаллического фундамента преломленными волнами всех возможных типов, в том числе и обменными *PPS*, *PSS* и *PSP*. Впечатляющие результа-

ты были получены на северо-востоке Новосибирской области — в Болотнинском районе. Здесь была прослежена сложная структура кровли фундамента с наличием большого числа малоамплитудных сбросов, которые наиболее отчетливо проявились на поперечных и обменных волнах.

Такие же положительные результаты были получены в одном из районов Рудного Алтая, где по изменениям скоростей распространения продольных и поперечных волн в кровле фундамента удалось надежно выделить неизвестную ранее зону свинцово-цинкового оруденения. Такие результаты высокой практической значимости вдохновили коллектив исследователей под руководством Николая Никитовича еще более настойчиво и целеустремленно искать пути расширения возможностей изучения геологического разреза поперечными волнами. В первую очередь это касалось поисков залежей нефти и газа (глубины 4—5 км), недоступных в то время для сейсморазведки на продольных волнах.

Было ясно, что в общем комплексе исследований главная роль должна принадлежать отраженным волнам, которые к тому времени заняли лидирующее положение в методе продольных волн. Цель состояла в создании модификации сейсморазведки с использованием поперечных и обменных волн, не уступающей по возможностям продольным волнам. Естественно, что для успешного продвижения в этом направлении необходимо было разработать такие источники поперечных волн, которые обеспечили бы регистрацию сдвиговых колебаний, отраженных от границ по всей толще осадочных отложений. В дополнение к этой задаче необходимо было разработать способы выделения и прослеживания как монотипных, так и обменных волн.

В 1960—1965 гг. исследования были сосредоточены и на изучении кинематических и динамических параметров поперечных волн на глубинах сначала до 1,5 км, а затем до 5 км. В этих многочисленных и порой уникальных для сейсморазведки экспериментах были получены фундаментальные результаты, во многом изменившие имевшиеся представления о среде. Так, впервые удалось выделить и непрерывно проследить отраженные волны от границ консолидированной толщи. При комплексном использовании продольных и поперечных волн была показана возможность получения новых информативных параметров, таких как отношение скоростей поперечных и продольных волн, а также связанного с ними коэффициента Пуассона. Впервые на основе экспериментальных наблюдений было установлено, что наряду со скоростями распространения важнейшей характеристикой поперечных волн является их поляризация.

Было установлено, что очень чувствительны к анизотропии геологической среды как соотношение амплитуд на горизонтальных компонентах записи, так и смена знака фазы поперечной волны по направлению падения-восстания границы. Экспериментальные результаты вскоре получили и теоретическое осмысление. Этими и другими подобными экспериментами было установлено, что параметры анизотропии обусловлены не только внутренним строением (текстурой) горной породы, но и условиями ее залегания. Данный вывод позволил дифференцировать горные породы по степени их анизотропии, что явилось совершенно новым для сейсморазведки в целом. В это время были выполнены первые обобщения измерений скоростей распространения поперечных волн, а также показателей их поглощения в горных породах. Пластовые скорости поперечных волн в терригенных породах в 2—4 раза ниже скоростей продольных волн, а по коэффициентам затухания эти волны различаются относительно мало. Эти результаты, бесспорно, имели фундаментальное значение для перспектив широкого практического исследования поперечных и обменных волн.

В те же годы были продолжены поиски путей по созданию импульсного источника поперечных волн взрывного типа как самого технологичного и экономичного по энергоемкости. В этом направлении работали группы исследователей в Сибири и Москве. Руководство всеми исследователями осуществлял Николай Никитович. Были проведены многочисленные эксперименты, показавшие, что для устойчивого возбуждения поперечных волн с использованием взрыва в приповерхностном слое грунта важным условием является создание неоднородности в горизонтальной плоскости. Дальнейшие поиски привели к разработке мощного источника для решения широкого круга практических задач. Важнейшим приемом надежного и устойчивого выделения поперечных волн стало использование принципа фазовой инверсии поперечных волн при перемене направления силового воздействия в источнике на противоположное. Было показано, что при вычитании двух сейсмограмм от противоположно направленных воздействий амплитуда целевых поперечных волн возрастает почти в два раза, а волн-помех, наоборот, во много раз уменьшается. Применение этой процедуры позволило значительно снизить требования, предъявляемые к источнику поперечных волн в отношении генерации волн-помех, и сосредоточиться в большей степени на технологии их возбуждения.

Вслед за исследованиями импульсных ударных и взрывных источников в лаборатории вибрационной сейсморазведки были нача-

ты работы по созданию вибрационных источников сдвиговых волн типа горизонтально направленной силы. Такие источники основаны на голографических построениях изображений, полученных с использованием фазовых соотношений упругих отраженных волн, излучаемых источником с заданной временной последовательностью или с известным законом изменения частоты во времени. К концу 1960-х — началу 1970-х гг. в ИГиГ были разработаны оригинальные техническое решение и частотный способ пересчета виброграммы в импульсную сейсмограмму. Этот принцип построения сейсмограммы и техническое устройство получили название «Вибролокатор». Особенность созданного вибратора по сравнению с зарубежными аналогами состояла в том, что вибрирующие платформы генерируют поочередно как продольные, так и поперечные волны любой заданной поляризации.

Таким образом, к концу первого десятилетия работы Николая Никитовича на сибирской земле были в основном выяснены главные физические принципы формирования, излучения, регистрации и выделения поперечных и обменных волн. Большие перспективы были в теории дифракции упругих волн, вертикальном сейсмическом профилировании, акустическом каротаже методом полного

волнового поля и других. Наступала пора опробования разработок в производственном режиме. Вместе с тем эти совершенно новые предложения не могли быть приняты на практике в первую очередь потому, что полностью отсутствовала техническая база для обеспечения необходимых условий



Н.Н. Пузырёв после вручения второго ордена Трудового Красного Знамени. Слева направо: А.В. Тригубов, Н.Н. Пузырёв, И.С. Чичинин. Академгородок, 1984.

возбуждения. Достаточно трудоемкая технология и соответствующие технические средства не могли быть обеспечены Академией наук. К этому времени теоретически были решены принципиальные вопросы, которые требовали достоверного экспериментального подтверждения. В частности, это относилось к регистрации представляющих интерес для нефтеразведчиков поперечных отраженных волн от глубинных границ. Руководители геофизической службы Миннефтепрома СССР поддержали исследования института. В 1971 г. Н.Н. Пузырёв поставил вопрос о необходимости организации совместной опытно-методической партии. В связи с развитием фундаментальных разработок в области физики земной коры с выходом на решение практических задач было принято решение о создании в г. Новосибирске крупной производственной базы нефтяников-поисковиков. 3 сентября 1971 г. министр нефтяной промышленности СССР В.Д. Шашин подписал приказ о создании Сибирской геофизической экспедиции. Уже в следующем году широко развернулись исследования на основе промышленной сейсмической технологии, основой для которой послужили новейшие технические достижения сейсморазведки на продольных волнах. Николай Никитович был назначен научным руководителем экспедиции, и в этой должности он проработал в течение последующих 15 лет.

В этот же период происходило становление пояса внедрения вокруг новосибирского Академгородка. Конструкторские и технологические бюро были призваны переводить законченные научные разработки академических институтов на промышленные рельсы. Особое конструкторское бюро геофизического приборостроения Министерства геологии СССР было создано при ИГиГ СО АН СССР. Однако цель организации Сибирской геофизической экспедиции Миннефтепрома СССР носила принципиально иной характер. С самого начала консультаций Николай Никитович предложил совершенно по-новому, оригинально и самобытно наладить взаимоотношения между производственной и научной организациями. Главной задачей сотрудников экспедиции была не только технологическая и техническая помощь (хотя без этого нельзя было обойтись), но и непосред-



ственное участие в научных исследованиях. Такая постановка взаимодополняющего сотрудничества привела к научно-техническому соревнованию идей, теоретико-методических и экспериментально-технических разработок. Каждая идея эксперимента, каждое методическое предложение, теоретическая разработка в обязательном порядке обсуждалась на Научно-техническом совете экспедиции, равно как и на геофизической секции Ученого совета института. Более того, дело было поставлено так, что практически каждый научный сотрудник институтских лабораторий работал совместно с группой технических и методических специалистов экспедиции. Каждая лаборатория сейсмического направления курировала работу тематической или опытно-методической партии. Такая форма содружества фундаментальной науки и производства не только увеличила число научных разработок, но, что самое существенное, повысило их качественный уровень и степень доверия к новым результатам производителей-нефтяников. В самом деле: уже в конце первого года работы экспедиции были значительно усовершенствованы взрывные источники поперечных волн (барьерный источник), а также способы их регистрации. Кроме того, были получены первые данные об анизотропии верхних частей разреза, выявленные на поперечных волнах при вертикальном профилировании скважин.



Н.Н. Пузырёв с главными специалистами НПО «Сибнефтегеофизика», г. Новосибирск. 1990 г.

Слева направо: И.Ю. Недашквский — главный геофизик, Б.Ф. Адамович — главный инженер, А.П. Мехед — генеральный директор, Н.Н. Пузырёв, Г.В. Ведерников — главный геолог.

Уместно отметить здесь и тот факт, что успех научных исследований обеспечен был выбором Николаем Никитовичем района изучения. В качестве объекта была предложена часть Прикаспийской депрессии с соляно-купольной тектоникой. Этот выбор, конечно, связан и с личным опытом Николая Никитовича, но объективно — с уникальной насыщенностью названного региона литолого-тектоническими структурами, важными для постановки экспериментов.

Геологическое строение Эмбинской нефтяной провинции было довольно хорошо изучено, так что результаты, полученные с помощью новых методических приемов, было с чем сопоставлять. В последующие годы фронт опытно-методических работ неуклонно расширялся; появились и новые области работы. Кратко перечислим только значимые результаты.

Впервые в мире произведена регистрация поперечных отраженных волн от границ на глубине 5,5 км. Разработана методика ОГТ на поперечных и обменных волнах. Предложен целый ряд импульсных взрывных источников для практически всех сейсмогеологических условий нефтяных провинций. Разработаны и внедрены высокотехнологичные методики проведения многоволновой сейсморазведки и технические средства для их обеспечения. Открыто и исследовано на поперечных волнах явление анизотропии в верхней части разреза. Разработаны методические приемы изучения малоамплитудных сбросов, антиклинальных поднятий с залежами нефти и газа. Изучено соотношение пластовых скоростей продольных и поперечных волн в продуктивных слоях. Установлен эффект уменьшения коэффициента Пуассона пород над залежами углеводородов. Изучены фундаментальные характеристики волновых полей в связи с анизотропией геологического разреза. Открыты эффекты расщепления поперечной волны в анизотропной среде на



Лауреаты Государственной премии СССР в области науки и техники за разработку физико-геологических основ многоволновой сейсморазведки.

Слева направо: сидят Н.Н. Пузырёв, И.Р. Оболенцева, А.В. Тригубов, стоят К.А. Лебедев, Б.П. Сибиряков. Новосибирск, Академгородок, 1987 г.

быструю и медленную компоненты, аналогичные двойному лучепреломлению в оптике. Изучены обменные волны в акте отражения, показано, что они являются доминирующими среди других типов волн.

По результатам исследований опубликовано большое количество статей, написаны монографии. В 1984 г. за выдающийся вклад в развитие геофизической науки Николай Ники-

тович был избран действительным членом Академии наук СССР по Отделению наук о Земле.

В 1987 г. большой группе ученых, возглавляемой Николаем Никитовичем, за разработку физико-геологических основ многоволновой сейсморазведки была присуждена Государственная премия СССР в области науки и техники.

К этому времени за достигнутые успехи в научных исследованиях и организации научно-технического сотрудничества с производственными организациями Николай Никитович был удостоен многочисленных правительственных наград. Назовем главные из них.

1967 г.

— Орден Трудового Красного Знамени.

1970 г.

— Медаль «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения Владимира Ильича Ленина».

— Медаль «100 лет нефтяной промышленности России».

1974 г.

— Звание «Почетный нефтяник СССР».

— Орден Дружбы народов.

— Медаль «Ветеран труда СССР».

1982 г.

— Орден Трудового Красного Знамени.

1984 г.

— Звание «Почетный разведчик недр СССР».

Вскоре после своего семидесятилетнего юбилея Николай Никитович оставил все административно-руководящие должности и с 1988 г. перешел на должность советника АН СССР/РАН. Эти изменения позволили Николаю Никитовичу сосредоточиться на обобщении того обширного материала, который был накоплен им за истекшее время. В период с 1984 по 1989 г. им было опубликовано более 20 научных работ, посвященных разнообразным вопросам





интерпретации, проблемам многоволновой сейсморазведки, глубинных сейсмических зондирований. В 1992 г. вышла в свет его крупная обобщающая работа «Методы сейсмических исследований», которая получила положительные отзывы и быстро разошлась по специалистам. В 1994 г. этой работе была присуждена высокая геофизическая награда — премия имени академика Б.Б. Голицына, которая незадолго до этого была учреждена Российской академией наук. Несмотря на значимость написанной книги, у Николая Никитовича оставалось определенное внутреннее неудовлетво-

рение: в книге не хватало главы об объектах сейсмических исследований. К 1997 г. Николай Никитович восполнил этот пробел, и тиражом в 1000 экземпляров вышла новая большая книга «Методы и объекты сейсмических исследований. Введение в общую сейсмологию». Ученым советом Объединенного института геологии, геофизики и минералогии она была одобрена и оценена как монография, не имеющая аналогов в мире. Эта работа Николая Никитовича вызвала широкую дискуссию по затронутым в ней вопросам среди специалистов-геофизиков и получила одобрение, а в 1999 г. она была удостоена Государственной премии Российской Федерации в области науки и техники.

Учитывая выдающиеся заслуги Николая Никитовича перед государством в деле развития геофизической науки, Президент РФ наградил академика Н.Н. Пузырёва орденом «За заслуги перед Отечеством» IV степени.

Николай Никитович Пузырёв, наряду с активной научной и организационной работой, большое внимание уделял подготовке кадров молодых научных работников. В 1956 г. он читал курс лекций в МГУ им. М.В. Ломоносова («Сейсмика непрерывных сред»), в 1957—1958 гг. — на Всесоюзных курсах повышения квалификации инженеров-геофизиков Миннефтепрома СССР («Интерпретация данных сейсморазведки»), с 1962 по 1966 г. и с 1967 по 1969 г. — в Новосибирском государственном университете («Физика Земли»



и «Интерпретация данных структурной сейсмологии»). Им подготовлено сорок кандидатов и докторов наук. Будучи по природе романтиком-первопроходцем, Николай Никитович всегда говорил о том, что нет геофизика без работы в поле, «без запаха пороха». Среди учеников Николая Никитовича — доктора наук, члены-корреспонденты и академики РАН. Многие из них являются руководителями лабораторий, отделов и даже академического института.

Нельзя не отметить и большую редакционную работу Н.Н. Пузырёва. Под его редакцией издано большое число монографий и тематических сборников. Николай Никитович долгое время состоял членом редакционных советов академических научных журналов «Известия АН СССР. Физика Земли» и «Геология и геофизика».

В заключение нашего повествования о жизненном и творческом пути выдающегося ученого-геофизика России Николая Никитовича Пузырёва необходимо сказать о том, что он обладал удивительными человеческими качествами: неиссякаемым трудолюбием, организованностью в использовании рабочего времени, целеустремленностью и упорством в решении разнообразных задач и проблем, порядочностью и личной скромностью, правдивостью и честностью в признании приоритета и заслуг других ученых и коллег. Николай Никитович сумел сохранить прекрасную черту характера — любознательность буквально ко всем сторонам человеческой деятельности. Книголюб и книгочей, создатель редкостной личной библиотеки, он был эрудитом во многих областях науки, литературы, истории и архитектуры. Работая длительное время





Перед заседанием диссертационного совета.

коллег и учеников. Недаром огромное количество геофизиков во всех концах нашей страны считают себя его учениками. Всю жизнь Николай Никитович больше отдавал, чем брал, стремясь воплотить поговорку: богат не тот, кто больше берет, а тот, кто отдает. И это действительно так. Накопив за долгую жизнь гигантский объем знаний в области теории и эксперимента, Николай Никитович непрерывно отдавал их коллегам совершенно бескорыстно. Геофизики России и стран СНГ признали Николая Никитовича своим патриархом. Поэтому геофизическая общественность с большой симпатией приняла его последнюю публикацию — книгу мемуаров «Записки геофизика», в которой Н.Н. Пузырёв ведет поучительный рассказ о своей жизни на фоне становления и развития геофизической науки и производственной отрасли, о деятельности своих многочисленных коллег и учеников.

Завершая изложение жизненного и творческого пути нашего выдающегося соотечественника, закончим его словами другого выдающегося сына России похожей судьбы академика Академии наук Российской империи Михайлы Ломоносова:

*«...и будет собственных Платонов
и быстрых разумом Невтонов
Российская земля рождать».*

*Кандидат технических наук В.А. Куликов
Кандидат технических наук К.А. Лебедев
Доктор геолого-минералогических наук А.В. Тригубов
Доктор технических наук М.И. Эпов*

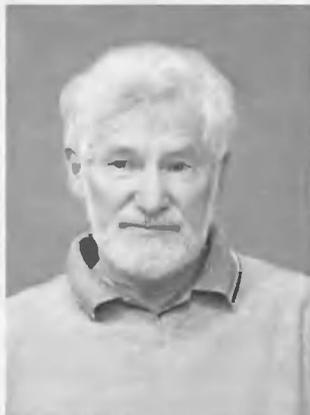
в полевых условиях, он все свои свободные часы отдавал изучению истории той местности, в которой находился. Николай Никитович никогда не выставлял личных заслуг, считая принятый им режим работы правилом жизни. Во всех выступлениях всегда подчеркивал значение работ

НИКОЛАЙ НИКИТОВИЧ ПУЗЫРЁВ*

Выдающийся российский геофизик Николай Никитович Пузырёв — живая история отечественной сейсморазведки. После семилетнего участия в гравиметрических исследованиях на Эмбе с 1938 г. он начал работать там же, в Прикаспийской впадине: сначала оператором, и почти сразу же интерпретатором (в годы войны приходилось эти должности совмещать) в сейсморазведочной партии, ориентированной на регистрацию преломленных волн. Спустя четыре года были начаты работы на отраженных волнах.

Стремительная служебная карьера геофизика-производственника (в 33 года он становится главным инженером большого геофизического треста) не помешали Николаю Никитовичу с самого начала заниматься наукой. Первая научная работа была опубликована уже в 1940 г. и посвящалась интерпретации годографов преломленных волн при непрерывном изменении скорости с глубиной, которая сразу определила одну из важных линий в научном творчестве Н.Н. Пузырёва — интерпретации годографов для градиентных сред (а также сред с промежуточными преломляющими границами). В 1953 г. им была защищена кандидатская диссертация именно на эту тему.

В целом, в научном творчестве Николая Никитовича четко выделяются три мощных направления: теория кинематической интерпретации данных сейсморазведки, глубинные сейсмические исследования в Сибири и многоволновая сейсмика. Первым из них он занимался практически на всем протяжении своей научной деятельности, но концентрированно до 1980 г. Последующие появились в его центре внимания позже и почти одновременно — на рубеже 50-х и 60-х гг. Количество публикаций по всем трем направлениям примерно равное: более 50 работ по первому и третьему, чуть меньше — по второму.



*Выступление С.В. Гольдина на конференции, посвященной 90-летию Н.Н. Пузырёва.

Вернусь к характеристике кинематического направления. В том же 1940 г. появление работы по определению скорости в среде по годографам преломленных волн обозначило еще одну линию его деятельности: изучение скоростей. В 1945 г. был опубликован принципиально важный результат — определение скорости (в однородной покрывающей среде) по методу взаимных точек двух встречных годографов отраженных волн. Важность этого результата (который в близкое время был получен также В.Н. Рудневым) состоит в следующем: во-первых, он не связан ни с какими предположениями о форме отражающей границы (помимо гладкости). Поэтому его можно считать первым решением нетривиальной обратной задачи в сейсмике отраженных волн. Во-вторых, он эквивалентен определению параметров среды по дифференциальному элементу (специального) поля времен отраженной волны — понятию, которое было введено Николаем Никитовичем спустя более 20 лет (!). Метод взаимных точек оказался как бы весточкой из будущего. Я еще обращусь и к этому понятию, и к приведенному выше толкованию метода взаимных точек. Статей, посвященных определению скоростей по годографам, у Николая Никитовича не так уж много. Отмечу здесь «Применение численных методов осреднения при определении скоростей по годографам отраженных волн», в которой впервые рассматривалось применение метода наименьших квадратов при оценке скоростей, а также статью «О влиянии кривизны границы раздела при определении скорости по годографам отраженных волн», посвященную влиянию кривизны отражающей границы на оценки скорости, использующие предположения о плоской границе. Эта проблематика с исключительной детальностью была разработана в его монографиях, оубликованных в конце 50-х гг. Сначала вышла небольшая книга «Измерение сейсмических скоростей в скважинах», исключительно полезная для всех, кто занимается сейсмокаротажом. В этой работе были изложены используемые до сих пор методы приведения наблюдения к вертикали. А в 1959 г. появилась в печати знаменитая «Синяя книга» — «Интерпретация данных сейсморазведки методом отраженных волн», в которой были освещены буквально все аспекты кинематической интерпретации в самом расширенном ее толковании. Не будет преувеличением сказать, что эта книга определила уровень отечественной сейсморазведки того времени. Полный обзор этой работы занял бы слишком много места.

Я отмечу только некоторые моменты. Во-первых, раздел, посвященный особенностям корреляции отраженных волн. Мне кажется, что здесь есть влияние школы Гамбурцева, также придававшей большое значение этой практической проблеме. Во-вторых, раздел, посвящен-

ный проблеме учета неоднородностей в приповерхностном слое. По-видимому, Николай Никитович был первым, кто систематически подчеркивал исключительную важность этой проблемы и сделал большой вклад в ее решение. Особенно он всегда настаивал на использовании специальных наблюдений, направленных на измерение параметров ВЧР. Именно им предложена методика, получившая потом название отраженный микросейсмокаротаж. Кроме того, он считал, что в ВЧР (в отличие от ЗМС) необходимо включать не первые 10—15 м разреза, а 100—150 м. Но нельзя не остановиться на поистине пророческих страницах «Синей книги», где впервые было определено понятие «годографа симметричной точки» и исследованы некоторые его свойства. Николай Никитович установил, что средняя скорость, определенная по этому годографу, мало зависит от кривизны отражающей границы. Много позже, в 1979 г., молодые преподаватели новосибирской школы геофизиков С.А. Гриценко и В.С. Черняк в работе «Интерпретация эффективных параметров ОГТ для пространственной системы однородных слоев с криволинейными границами» показали, что дифференциальная (предельная) скорость, определенная по годографу средней точки (что является современным эквивалентом введенного Николаем Никитовичем понятия), в точности инвариантна относительно кривизны. Уместно здесь заметить, что появившееся в 60-х гг. из американских работ название годографа «общей глубинной точки» (ОГТ) для того же самого объекта повлекло за собой такую путаницу в умах производителей (и не только их!), что можно только пожалеть о том, что далеко не все внимательно прочитали упомянутые страницы. Позднее, в начале 70-х гг. Николай Никитович ввел понятие «годографа фиксированной точки отражения», которое в точности определило разницу между мифической глубинной точкой и фактической точкой отражения.

Дальнейшее развитие кинематического направления в работах Николая Никитовича оказалось тесно связанным с развитием глубинных сейсмических исследований в Сибири. С созданием Сибирского отделения АН необходимость формирования геофизического базиса, на котором могло бы быть основано познание геологической структуры Сибири, стала исключительно насущной. К этому времени на примере более доступных (более проходимых) территорий Русской платформы и Средней Азии была показана эффективность метода ГСЗ. Но в 60-е гг. проведение используемых в классическом (гамбургцевском) варианте ГСЗ непрерывных систем наблюдений в условиях Сибири растянуло бы получение важнейшей информации на долгие десятилетия. И Николай Никитович вместе со своим учеником и соратником С.В. Крыловым решились на смелый шаг: упростить методику наблюдений в ГСЗ,

не потеряв при этом необходимую надежность интерпретации. Они предложили дополнить точечную (дискретную) систему наблюдений отрезками непрерывных линий наблюдения в окрестности каждой такой точки. Но эта идея сработала исключительно благодаря ключевому понятию поля времен, родившемуся тогда (в самом начале 60-х гг.) у Николая Никитовича в статье «К вопросу о применении упрощенных схем наблюдений при изучении складчатого фундамента Западно-Сибирской низменности методом преломленных волн». Именно поле времен придает разработанному Пузырёвым и Крыловым методу дифференциальных сейсмических зондирований необходимые глубину и обоснованность. Дело в том, что серия взрывов на профиле позволяет получать в точке (дополненной линией) дифференциальный элемент поля времен, который уже фигурировал в методе взаимных точек.

Пора ввести обозначения, чтобы пояснить самую суть. Пусть $t(s, r)$ — есть время распространения волны заданного типа (кода) из источника в точке s в приемник в точке r . Величина $t(s, r)$ есть функция, определенная на введенном Г.А. Гамбурцевым пространстве наблюдений $t(s, r)$, которое Гамбурцев назвал обобщенным пространством наблюдений, чтобы отличать от физического пространства — R^3 , которому принадлежит каждая из переменных s и r . Именно эту функцию Пузырёв и назвал специальным (или обобщенным) полем времен, чтобы отличить от используемого Ю.В. Ризниченко понятия поля времен $t(x)$ ($x \in R^3$), определенного на физическом пространстве. Указанный выше дифференциальный элемент поля времен есть набор функционалов $(t, \partial t / \partial s, \partial t / \partial r)$. Будучи очень щепетильным в применении терминов, которые уже использовались другими учеными, Николай Никитович характеризовал свою концепцию поля времен как наследующую традиции Ю. В. Ризниченко. Но, как мне представляется (может быть, Николай Никитович с этим и не согласен), справедливо было бы связать понятие специального поля времен с упомянутой работой Г.А. Гамбурцева, где написано, что всякое сейсмическое определение (время прихода, амплитуда волны) является функцией двух групп переменных: координат источника и координат приемника. Что же касается термина «поле», то всякую скалярную функцию, определенную на координатном пространстве и инвариантную относительно преобразований координат, принято называть скалярным полем величины, которую оно определяет. Ризниченко, конечно, использовал уже принятый в науке термин. Но дело, конечно, не в названии. Поле времен есть не просто следующий шаг, обобщающий (и включающий) понятие годографа. Оно оказалось исключительно конструктивным, и его конструктивность была ярко продемонстрирована в работах Н.Н. Пузырёва. Первое, что

он сделал (и это не было сделано Г.А. Гамбурцевым), ввел новые переменные $x = (s + r)/2$ и $l = r - s$. Благодаря принципу взаимности, геометрия поля времен (в этих координатах) оказалась весьма простой: функция $t(x, l = \text{const})$ зависит главным образом от геометрии границы, а функция $t(x = \text{const}, l)$ от скорости распространения волн.

Именно относительная простота структуры поля времен плюс возможность определять его дифференциальные элементы обусловили возможность достаточно надежной интерпретации дифференциальных зондирований. Разработанная методика позволяла довольно быстро провести большой объем исследований по ряду районов Западной и Восточной Сибири, по Дальнему Востоку. Удалось получить оценки глубины залегания фундамента и границы Мохоровичича, совпадающей с подошвой земной коры. В ряде случаев удалось охарактеризовать свойства самых верхних частей мантии и дать представления о структуре верхней и нижней коры. Особенно интересны научные результаты, полученные по байкальской рифтовой зоне (БРЗ). До сих пор на них ссылается любой серьезный исследователь тектоники и геодинамики БРЗ. Для геологов Института геологии и геофизики эти результаты всегда были «визитной карточкой» сейсмического отдела. Однако я более подробно на них останавливаться не буду.

В 70-е гг. Николай Никитович перенес идеологию временных полей на интерпретацию метода МОВ, но уже применительно к плотным многократным системам наблюдения. Оказалось, что (специальное) поле времен является адекватным способом анализа данных в случае не только разреженных, но и предельно плотных систем наблюдения. Именно тогда было осознано, что в поле времен можно определить различные сечения, обладающие теми или иными желательными свойствами, и сечение (годограф) средней точки — только одно из них. Тогда были введены в практику годографы фиксированной точки и сечение ОГТ-PS, которое эффективно использовалось для суммирования записей в методе обменных волн. Можно утверждать, что, если бы многократные системы наблюдения не были изобретены как средство борьбы с помехами, они были бы изобретены именно как естественный способ определения поля времен, которое (в отличие от годографа) позволяет решать обратные задачи в латерально-неоднородных средах. Другое дело, как выбирать модели таких сред. Кинематика не содержит информацию о тонких деталях строения среды. Возможно только грубое описание. Но как выбрать его — в каком классе моделей? Немецкий геофизик Питер Хубрал предложил удачный термин — «скоростная макро модель». И хотя именно Николай Никитович был в числе первых, кто предложил метод интерпретации, свободный от

каких-либо модельных предположений об отражающей границе (метод взаимных точек), в 70-е годы он развивал классический для геофизики 20-го столетия подход, состоящий в том, что интерпретационная модель строится как система локальных (эффективных) моделей, каждая из которых описывается небольшим числом параметров. В конце 70-х гг. Н.Н. Пузырёв опубликовал монографию «Временные поля отраженных волн и метод эффективных параметров». В 1986 г. он получил за эту книгу академическую премию им. О.Ю. Шмидта, разделив ее с написавшим эти строки.

Я использовал несколько иной подход к выбору макромодели среды, но временные поля были тем ядром, которое объединило обе работы.

В последующие годы Николай Никитович только эпизодически обращался к проблеме кинематической интерпретации. Среди последних работ отмечу две, вышедших последовательно в 93-м и 94-м годах книги «Методы сейсмических исследований» и «Методы и объекты сейсмических исследований. Введение в общую сейсмологию», которые были посвящены так называемым интегральным эффективным параметрам (сравнению их между собой и с предельными значениями). Начиная с 1960 г. (сразу же после выхода «Синей книги») появляются работы, посвященные поперечным и обменным волнам. Именно в эти годы закладывался фундамент будущей «многоволновой сейсмологии». После выхода монографии 1959 г. публикации по многоволновой сейсмологии становятся в списке трудов Николая Никитовича доминирующими. Специфических проблем интерпретации для поперечных волн (в отличие от обменных) практически не существует. Главной проблемой является возбуждение и, уже в меньшей степени, регистрация поперечных волн. Поэтому основным видом исследования в этом случае оказывается эксперимент. Характер публикаций Николая Никитовича, касающихся поперечных волн, резко отличается от публикаций по кинематической интерпретации. Подавляющее большинство работ в области «кинематики» Николай Никитович издавал без соавторов. Эксперимент — дело коллективное, поэтому работы в области поперечных волн выходили с большим числом соавторов. Но во всех случаях Николай Никитович был и «мотором», и «генератором» идей. Объем проведенных экспериментов по созданию несимметричных источников, обеспечивающих создание достаточно «чистых» полей поперечных волн, весьма велик. Наиболее плодотворной оказалась идея создания «плюс» и «минус» воздействий с последующим вычитанием записей, что резко снизило фон продольных волн. Была создана специальная аппаратура, как вибраци-



ДИПЛОМ

ПРЕЗИДИУМ АКАДЕМИИ НАУК СОЮЗА
СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

постановлением от 7 января 1987 года присудил

АКАДЕМИКУ

Николаю Никитовичу

ПУЗЫРЕВУ

ДОКТОРУ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

Сергею Васильевичу

ГОЛЬДИНУ

ПРЕМИЮ имени О. Ю. ШМИДТА

в размере 2000 рублей за серию работ

ПО ТЕОРИИ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ
СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

ПРЕЗИДЕНТ
АКАДЕМИИ НАУК СССР
АКАДЕМИК


Г. И. Марчук

ГЛАВНЫЙ УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
ПРЕЗИДИУМА АКАДЕМИИ НАУК СССР
АКАДЕМИК


Г. Б. Скрябин

№ 905

Москва

онная, так и обеспечивающая осуществление взрывных асимметричных источников.

Что же удалось получить в итоге? Первоначальной мотивацией к использованию поперечных волн в сейсморазведке, прозвучавшей еще в предвоенных работах Г.А. Гамбурцева, были надежды, связанные с повышением разрешающей способности, обусловленной меньшими значениями скорости распространения. Но эти надежды не оправдались: работы Н.Н. Пузырёва и его сотрудников показали, что снижение скорости компенсируется практически неизбежным пропорциональным снижением возбуждаемых частот (при сопоставимом отношении сигнал / помеха). Однако интерес к поперечным волнам, к счастью, не пропал. И хотя при показе временных разрезов еще долгое время внимание концентрировалось на тех их фрагментах, где поперечные волны демонстрировали более высокий уровень разрешения, мотивация постепенно становилась другой. Уже в конце 60-х гг. (в связи с идеей прямых поисков, затем — прогнозирования геологического разреза) все большее внимание стало уделяться вещественным характеристикам среды. И в этой ситуации возможность определения коэффициента Пуассона становилась принципиально важной. Было показано, что в определенных ситуациях коэффициенты отражения по продольным и поперечным волнам ведут себя различно. Во многом инициированный работами Н.Н. Пузырёва (впоследствии — его друг) известный американский геофизик Эдвард Уайт показал, что при наличии газовой шапки коэффициенты отражения PP растут (по модулю), а коэффициент отражения SS «не замечает» присутствия газа, что существенно обогатило методику яркого пятна. Именно эти два обстоятельства — коэффициент Пуассона плюс различия в динамике P- и S-волн в ряде ключевых ситуаций, определили окончательный переход от метода поперечных волн к концепции многоволновой сейсмоки. Но результаты, полученные Николаем Никитовичем и его сотрудниками, превзошли любые ожидания. Дело в том, что интерпретация данных по одним только продольным волнам даже в простых моделях сред дает хотя и приближенные, но внутренне противоречивые результаты. Совместная же интерпретация продольных и поперечных волн в упрощенных моделях оказывается противоречивой. Наиболее серьезным оказалось повсеместно принимаемое предположение об изотропности среды. Во многих случаях среда или отдельные комплексы пород оказались анизотропными. Анизотропия по-разному влияет на продольные и поперечные волны, причем последние оказались весьма чувствительными к фактору анизотропии. Поначалу анизотропия казалась некоторой дополнительной сложнос-

тью для совместной интерпретации (и это так бы и было, если ограничиваться только структурными задачами). Но очень быстро осознали, что сама анизотропия является исключительно яркой вещественной характеристикой среды, которая доступна эффективному изучению именно на основе многоволновой сейсмоки. По этой причине специалисты по многоволновой сейсмике быстро вошли в число ведущих исследователей сейсмической анизотропии. В 1987 г. Н.Н. Пузырёв вместе со своими ближайшими сотрудниками по многоволновой сейсмике получили Государственную премию.

Я ограничился краткой характеристикой работ Николая Никитовича только по трем основным направлениям. Уместно, однако, заметить, что круг его научных интересов этим не ограничивался. Вышедшие в 90-е гг. два издания его монографии по сейсмическим методам и моделям убедительно показали, что во второй половине XX столетия, по крайней мере в России, ему не было равных по объему профессиональных знаний по самому широкому кругу сейсмических исследований: от скважинных и шахтных до сейсмологии землетрясений. На этой ноте я и закончу свою статью.

НЕМНОГО ПРОЗОЙ, ЧУТЬ-ЧУТЬ СТИХАМИ



Впервые я услышал о Н.Н. Пузырёве в 1953 году, когда был студентом Московского нефтяного института и одновременно работал лаборантом в исследовательской лаборатории нашего замечательного педагога Льва Александровича Рябинкина. Лев Александрович был человеком очень общительным и старался делиться со своими сотрудниками и студентами всеми новостями из жизни геофизической общественности. И вот однажды он приходит в лабораторию с какого-то ученого совета и возбужденно заявляет: «Нет, я считаю, что сейчас самый прогрессивно мыслящий сейсморазведчик — это

Пузырь!» (Он порой позволял себе так фамильярно высказываться о людях, которым симпатизировал). По-видимому, это было в те дни, когда Н.Н. Пузырёв защищал свою кандидатскую диссертацию, очень положительно принятую московскими геофизиками. И мне, конечно же, запало в душу столь категорично высказанное мнение моего уважаемого педагога.

Первый мой личный контакт с Николаем Никитовичем состоялся уже спустя два года на Сахалине, где я стал трудиться в качестве молодого специалиста. Сейсмогеологические условия на Сахалине были очень



сложными, а методическая и техническая вооруженность сейсморазведки в те годы была недостаточной. Борясь за качество получаемых сейсмограмм, мы, не слишком опытные молодые инженеры, испытывали большие трудности и плохо видели перспективу. Для оказа-

ния квалифицированной помощи конторе «Дальнефтегеофизика» Министерство нефтяной промышленности направило на Сахалин группу экспертов, в которой участвовал и Н.Н. Пузырёв. Хорошо помню его внимательное, ответственное отношение к своей миссии, его стремление вникнуть в полученный материал, научить молодежь понимать причины его сложности. Он культивировал такое отношение: каждая сейсмограмма, полученная при строгом соблюдении технологических требований, заслуживает быть предметом научного исследования и должна рассматриваться в тесной связи с имеющейся геолого-геофизической информацией. Мне это очень импонировало, и такой стиль работы, оставаясь всегда характерным для Николая Никитовича, сблизил меня с ним. За годы последующей совместной работы в докомпьютерный период нам довелось перелистать огромное количество таких сейсмограмм.

Потом у меня была аспирантура (под руководством Л.А. Рябинкина) и защита кандидатской диссертации, подготовленной на основе моего сахалинского опыта. Николай Никитович оказал мне честь, выступив



Председатель Президиума СО РАН, директор ОИГГМ СО РАН акад. Н.Н. Добрецов поздравляет акад. Н.Н. Пузырёва с 90-летием, г. Новосибирск, 2004 г.

в качестве оппонента. В это время как раз организовывалось Сибирское отделение Академии наук, и Николай Никитович пригласил меня работать под его руководством в Новосибирске, за что я навсегда сохранил ему благодарность.

Начался период моей 43-летней работы в Институте геологии и геофизики в подразделениях, руководимых Николаем Никитовичем, а с 1976 по 1989 г. мне было доверено быть заведующим лабораторией многоволновой сейсморазведки. По его поручению мне довелось сосредоточиться на исследованиях в новых для меня областях сейсморазведки. На первых порах таким направлением стала для меня сейсморазведка в рудных районах, модель строения которых не была традиционной для сейсмиков. Очень скоро к этим исследованиям были подключены методы поперечных и обменных волн — любимое детище Николая Никитовича, его пионерная разработка в мировой геофизике. Вначале для меня это были поперечные и обменные волны в рудной сейсморазведке. Но скоро стало ясным, что наибольшую перспективность новые методы будут иметь при изучении площадей, содержащих залежи нефти и газа (включая их прямое обнаружение сейсморазведкой). В этом направлении Николай Никитович организовал взаимодействие нескольких лабораторий и Сибирской геофизической экспедиции Миннеаполиса. В результате были созданы основы метода многоволновой сейсморазведки (удостоенного Государственной премии СССР). Эти работы были многолетними и настолько многогранными, что я не берусь здесь сколько-нибудь подробно о них писать.

Николай Никитович отличался удивительным творческим, а также и чисто человеческим долголетием, и перед нами прошел целый ряд его юбилейных дат, когда чествовать собиралась очень большая аудитория из его коллег по всей стране, личных друзей, учеников и поклонников. (Самая представительная научная конференция, как известно, была приурочена к 90-летию Николая Никитовича в 2004 году.) Мне остался особенно памятным торжественный банкет по случаю 70-летия Н.Н., на котором, по его просьбе, я исполнял роль тамады и, в частности, огласил посвященные ему стихи, в которых постарался затронуть его некоторые важные научные и организационные заслуги (быть может, с элементами доброжелательной шутливости). Мне хочется их здесь воспроизвести, снабдив комментариями в порядке номеров. Поэт я никакой, а стихи появились путем использования в качестве трафарета всем известных строк большого Мастера.

Вот они. (Трафарет: «Левый марш. Разворачивайтесь в марше! Словесной не место кляузе. Тише, ораторы! Ваше слово, товарищ маузер»).

*Разворачивайтесь в марше!
Равнение — на юбилей!
Тише, операторы!
Ваше
Слово,
Командарм временных полей!¹
Даёшь салют сегодня на славу,
Сыпь заряд в траншею чрево.
Помни: плюс взрывают справа,
А минус — слева!
Слева!
Слева!²*

*Эй, гээсэшники!
Рейте!
До Антарктиды!
Или
Вы Мохо найти не сумеете
Хоть на Оби, хоть на Ниле?!³
Довольно жить законами,
Известными со времен Минтропа.
Раскачнём поперечными волнами
Всю Европу!
Европу!
Европу!⁴*

*Есть
У Каспийского моря
Солнечный край непочатый.
Там плугом паши,
Не зная горя,
Бури иль копай лопатой⁵.
А завтра — с методикой новой
В землю вгрызайся вглубь и вширь.
Покроем сейсмикой многоволновой
Всю Сибирь!
Всю Сибирь!
Всю Сибирь!⁶*

И вот еще. (Трафарет: «Я планов наших люблю громадьё...»).

Я
МУЛЗов наших
люблю громадьё,⁷
Вибраторов-монстров
силу страшенную⁸.
Над техникой трудимся,
чтобы
сделать её
Надёжную
и совершенную!
Наука, методика,
выбор схем,⁹
Интерпретация и внедренье –
Наш командарм
руководит
этим всем,
Хватает и сил,
и терпенья!
Юному геофизику,
желающему
пользу принести,
Трудиться желающему
без хныканья
и без рёва,
Скажу,
не задумываясь –
«Пример тебе есть
В лице товарища
Пузырёва.»¹⁰
И чтобы тон торжества
не ломать,
Сказать можно так –
покороче –
Сейсмика — наша
любезная мать,
Наука наук
и прочее.
И будь я

*палеонтолог
преклонных годов,
Уставший от мшанок
и прочей
дичи,
Я б сейсмику выучил –
хотя бы за то,
Что ею занимался,
Николай Никитич!¹¹*

Комментарии:

1. Н.Н. Пузырёв — создатель теории временных полей отраженных волн в системах наблюдений общего типа.

2. В траншейном взрывном источнике, разработанном Н.Н. Пузырёвым, К.А. Лебедевым и Г.Н. Лебедевой, инверсия знака смещений в поперечной волне достигается при поочередном взрывании «плюс» и «минус» — зарядов, размещенных на противоположных стенках траншеи.

3. Это упоминание о широком развитии работ по глубинному сейсмическому зондированию (ГСЗ) земной коры под руководством Н.Н. Пузырёва и С.В. Крылова (включая экспедицию в Антарктиду). «Мохо» — нижняя граница земной коры.

4. Напористый стиль моего «соавтора» — большого Мастера — здесь преобладает.

5. Это замечательный стратегический ход Николая Никитовича: на много лет сосредоточить эксперименты по поперечным волнам в полупустынных равнинах Западного Казахстана с хорошо известной моделью геологического строения. А лопатой академик Пузырёв порой не гнушался воспользоваться лично — чтобы лучше почувствовать свойства грунта.

6. К сожалению, после перестройки это осталось только лозунгом. Но из отдельных районов Сибири небольшой экспериментальный материал и сейчас поступает.

7. Механизированный укладчик линейных зарядов (МУЛЗ) для возбуждения поперечных волн — разработка С.М. Жданова по идее Н.Н. Пузырёва — отличался солидными размерами.

8. 100-тонный излучатель (по прозвищу «монстр») мощного вибросигнала для мониторинга физического состояния недр.

9. Имеются в виду схемы сейсмических наблюдений.

10. Тут, что называется, ни убавить, ни прибавить.

11. Увы, последнюю строку сегодня пишем в прошедшем времени.

РОЛЬ Н.Н. ПУЗЫРЁВА В РЕГИОНАЛЬНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ СИБИРИ



С именем Н.Н. Пузырёва, наряду с решением ряда других проблем сейсморазведки, связано становление и развитие этапа региональных сейсмических исследований в Сибири, их начало можно отнести к 1960 г., когда была опубликована первая работа об использовании упрощенных систем наблюдений. В то время подавляющая часть малодоступной территории Сибири представляла собой, в геофизическом отношении, белое пятно и требовалось в относительно короткие сроки получить рекогносцировочные данные о глубинном строении, необходимые для планирования более детальных геолого-геофизических исследований.

Такие работы на базе созданной в СО АН СССР портативной аппаратуры «Тайга» выполнялись многими производственными и научными организациями Сибири вплоть до начала перестройки, на протяжении 40—45 лет. Был проведен большой объем исследований по изучению строения земной коры и складчатого фундамента не только в Западной Сибири, но и в Байкальской рифтовой зоне, Сибирской платформе и в Антарктиде. По мере накопления данных и методических разработок на основе использования волн различной поляризации от региональных построений был сделан переход к детальным исследованиям, позволившим изучать не только структуру литосферы, но и ее напряженное состояние.

Первые региональные исследования под научным руководством Н.Н. Пузырёва были проведены в 1962 г. на профиле ГСЗ с. Шапша — с. Локосово в окрестности Ханты-Мансийска вдоль субширотного русла Оби. Работы выполнялись на производственной базе Новосибирского геофизического треста Министерства геологии СССР совместно с Институтом геологии и геофизики СО АН СССР. Непосредственное научно-методическое обеспечение полевых работ методом глубинных сейсмических зондирований (ГСЗ) выполнял С.В. Крылов, тогда кандидат геолого-минералогических наук.

В то время это был лишь второй профиль ГСЗ в Сибири, первым был по маршруту г. Барабинск — с. Овечкино, отработанный в 1958 г. СНИИГГиМСом в степной южной части Западно-Сибирской плиты. Использовалась серийная 60-канальная сейсмостанция КМПВ-60 с двумя полукосами общей длиной 6 км. Взрывы осуществлялись в группах скважин глубиной 15—25 м. Работы на профиле с. Шапша — с. Локосово чрезвычайно затруднялись болотистой местностью и множеством озер и стариц. Впоследствии перешли к упрощенным системам наблюдений для получения рекогносцировочных сведений о глубинном строении мало изученных территорий Сибири. Это позволило в дальнейшем обоснованно выбрать участки для проведения детальных исследований. Такой подход соответствовал принятой в те времена в Мингео СССР двухэтапной стратегии производства сейсмических исследований. Идея методики заключалась в использовании специальных полей времен $t(x, l)$ преломленных и $t(x, l^2)$ отраженных волн и получила развитие в серии работ Н.Н. Пузырева. В отличие от локальных полей времен Ю.В. Ризниченко эти поля названы частными. Поля времен преломленных волн вдоль профиля наблюдений представлялись в системе координат (x, t) серией линий $l = \text{const}$, где x — координата центра расстояния взрыв—прием l , t — время пробега. Соответственно для отраженных волн использовались система координат (x, t^2) и изолинии $l^2 = \text{const}$. В обоих случаях можно использовать линейную интерполяцию для определения времен пробега волн, соответствующих фиксированному расстоянию l . При фиксированной координате x вертикальные сечения таких полей времен представляют собой симметричные годографы соответствующих волн. Производная по вертикальному сечению поля времен преломленных волн равна полусумме кажущихся скоростей на прямом и встречном годографах, определенных на соответствующих базах при одинаковых расстояниях взрыв—прием. Для отраженных волн такое сечение дает годограф общей срединной точки (ОСТ, ОГТ), а производная определяет величину эффективной скорости. Эти параметры использовались затем при расчете граничной скорости и глубины залегания границ по известным в сейсморазведке формулам. Вследствие упрощенных систем наблюдений при изучении сложной структуры много внимания уделялось оценке возможных погрешностей различной природы (дискретности наблюдений, криволинейности границ, изменений скорости по вертикали и горизонтали).

Дополнительно можно отметить книгу Н.Н. Пузырёва, в которой подробно изложены обобщенные характеристики частных временных полей отраженных волн в аналитической форме. Многие из них находят свое применение в современных комплексах обработки данных ОСТ (ОГТ).

Одновременно с развитием методики полевых наблюдений и способов обработки данных дифференциальных (точечных) зондирований была разработана портативная малоканальная аналоговая полевая аппаратура «Тайга», использование которой позволило в дальнейшем резко повысить производительность полевых работ и детальность исследований, хотя это было достигнуто лишь спустя несколько лет после первого серийного выпуска аппаратуры Опытным заводом СО АН СССР в 1965 г. Темпы изготовления аппаратуры не успевали за потребностями производства полевых работ, поэтому оно было передано в 1973 г. на завод «Нефтеприбор». Кроме того, львиная доля аппаратуры распределялась в Специальную опытно-методическую геофизическую экспедицию (СОМГЭ) для производства работ вдоль сверхдлинных профилей ГСЗ с использованием мирных подземных ядерных взрывов. Было выпущено около 2000 регистраторов «Тайга» и «Тайга-2». К сожалению, впоследствии не удалось реализовать цифровой узел воспроизведения для дешевых аналоговых полевых регистраторов, что остановило изготовление отечественной цифровой аппаратуры, основанное на богатейшем практическом опыте эксплуатации телеуправляемой аппаратуры «Тайга».

Итоги развития методики и результатов выполненных исследований были подведены в коллективной монографии. В ней нашли отражение используемые на практике методики полевых наблюдений при решении региональных задач в различных сейсмогеологических условиях, способы обработки и результаты исследований, полученные в Сибири различными научными и производственными организациями. Много внимания уделялось структуре земной коры и верхов мантии, были представлены первые схемы распределения мощности земной коры в южной части Западно-Сибирской плиты по сейсмическим данным. Со стороны производственных организаций главный интерес заключался в применении методики для изучения структуры доюрских отложений, поэтому и были опубликованы результаты не только профильных, но и первые материалы площадных наблюдений. Последние представляли собой совокупности разноориентированных простейших элементов профильных наблюдений. Основным результатом исследований в Западной Сибири заключался в выявлении и картировании блоковой структуры отложений, природа которой остается не вполне понятной до настоящего времени. На Сибирской платформе исследованиями СНИИГГиМСа были получены первые сведения о строении фундамента центральной части Тунгусской синеклизы, изучение которой продолжалось затем на протяжении ряда лет.

Развитие идей Н.Н. Пузырёва о методах региональных исследований земной коры и верхов мантии осуществлено С.В. Крыловым при изучении глубинного строения Байкальской рифтовой зоны. Первые результаты этих работ, полученные ИГиГ СО АН СССР совместно с трестом «Иркутскгеофизика», появились в печати в 1975 г., а итоги многолетних исследований обобщены



Процесс возбуждения при региональных сейсмических наблюдениях. Сибирь. 1963 г.

в широко известной монографии «Методика рекогносцировочных глубинных сейсмических исследований». В земной коре и верхах мантии были обнаружены типичные для континентальных рифтовых зон контрастные сейсмические аномалии. На глубине 12—18 км выявлен прерывистый волновод с инверсией скорости продольных волн до 0,2—0,3 км/с, а также слой в верхах мантии с аномально пониженной до 7,6—7,8 км/с скоростью, выделяемый на фоне 8,1—8,2 км/с. Проведено картирование этого слоя по площади и глубине. Кроме того, установлено отсутствие под Байкальской рифтовой зоной утонения земной коры, характерного для типичных структур растяжения.

По мере роста обеспеченности полевых работ регистраторами «Тайга» возрастала и детальность исследований, нашедшая выражение в развитии методики площадных наблюдений для изучения трехмерной структуры земной коры и верхов мантии Байкальской рифтовой зоны и Якутской кимберлитовой провинции. Были созданы новые методы обработки данных систем многократных перекрытий при профильных и площадных наблюдениях рефрагированных и преломленных волн.

Методика площадных точечных наблюдений с использованием поверхностных годографов преломленных и отраженных волн получила широкое применение при изучении земной коры и верхов мантии Якутской кимберлитовой провинции. Полевые работы проводились в течение 1980—1995 гг. Ботуобинской ГРЭ ПГО «Якутскгеология» Мингео СССР совместно с Институтом геологических наук

Якутского филиала и Институтом геологии и геофизики СО АН СССР. Были получены уникальные данные о трехмерной структуре земной коры и исключительно контрастном изменении граничной скорости от 7,8 до 8,9 км/с на границе Мохо. Природа аномально высокой скорости в верхах мантии остается невыясненной до сих пор. Был выявлен ряд региональных особенностей в структуре земной коры, активизированных или возникших синхронно с проявлениями кимберлитового магматизма. В настоящее время Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН совместно с Ботуобинской ГРЭ АК «АЛРОСА» продолжает эти исследования, проводя оцифровку уникальных данных ГСЗ и их переобработку современными методами. Удалось значительно детализировать предшествующие результаты и обнаружить в районах кимберлитовых полей изменения локальных характеристик земной коры, которые могут быть использованы при решении задачи тектонического районирования фундамента и прогнозе перспективных участков поиска.

Много внимания Н.Н. Пузырёв уделял развитию сейсмической разведки методом поперечных и обменных волн. Эти идеи также использовались и при региональных исследованиях. Был получен ряд интересных результатов по распределению скоростей продольных, поперечных волн и коэффициента Пуассона в земной коре и верхах мантии БРЗ и Якутской кимберлитовой провинции.

С расширением качественного состава сейсмических данных за счет использования волн разной поляризации оказалось возможным приступить к решению ряда новых задач, связанных не только с традиционным изучением структуры среды, но и с ее анизотропией, напряженным состоянием. Фактически это был этап детального изучения литосферы Сибири, результаты которого были обобщены в монографии. Главные усилия были направлены на изучение вещественного состава земной коры, связи ее структуры с напряженным состоянием и сейсмичностью БРЗ и Алтае-Саянской складчатой системы.

Усилиями Н.Н. Пузырёва и его научной школы совместно с рядом производственных организаций был выполнен огромный объем полевых сейсмических наблюдений, направленных на изучение структуры литосферы Сибири. Это обеспечивало одновременное внедрение научных разработок в практику исследований, направленных на обоснование научного прогноза месторождений различных полезных ископаемых. Исследования отличались высокой методической динамичностью, связанной с развитием аппаратного обеспечения полевых работ. В относительно короткие сроки был

сделан переход от рекогносцировочных к высокодетальным системам наблюдений, которые сопровождались оригинальными методическими способами обработки и интерпретации сейсмических данных. Результаты этих исследований создали основу для построения различных геолого-геофизических структурно-тектонических моделей литосферы Сибири, изучения связи приповерхностных и глубинных структур, напряженно-деформированного состояния литосферы и природы сейсмичности.

НИКОЛАЙ НИКИТОВИЧ И РУДНАЯ СЕЙСМОРАЗВЕДКА



Мои первые воспоминания о Николае Никитовиче относятся к далеким 50-м годам, т. е. к периоду становления отечественной промышленной сейсморазведки.

В 1955 г. после опыта сейсморазведки КМПВ, приобретенного мною на угольных месторождениях, я был принят на работу в Сибирскую аэрогеофизическую экспедицию (САГЭ) в составе Ленинградской лаборатории НИИГР, руководимой Юрием Александровичем Рисом. Экспедиция планировала проведение первых сейсмических зондирований методом отраженных волн на региональном пересечении в За-

падной Сибири. По существу, это были авиадесантные сейсмические работы с использованием вертолета МИ-4. Для меня, еще относительно молодого специалиста с небольшим опытом сейсморазведки КМПВ, все это было новым, и в душе я сомневался в своих возможностях успешного проведения работ. Мои сомнения еще больше возросли, когда в Москве я впервые увидел «переносную», как тогда называли, разборную 24-канальную станцию (СС-24-ДР), с помощью которой предстояло выполнить работы. Габариты и вес станции (1200 кг) произвели на меня ошеломляющее впечатление.

В день защиты проекта на ученом совете НИИГР (ВНИИгеофизика) присутствовало много народу — ведь это был проект первых сейсмозондирований в Западной Сибири. После моего сообщения в зале поднялся шум, на фоне которого можно было различить слово «авантюра». Сомнения в успехе планируемого эксперимента были связаны не только с внушительными размерами так называемой переносной станции, предназначенной для авиадесантных наблюдений в сложных таежных и заболоченных условиях Сибири, но, главным образом, с большими сомнениями в возможности дискретной корреляции отраженных волн между зондированиями. Я ожидал, что все закончится «провалом», и внутренне был даже рад этому, поскольку сам сомневался как в пригодности предлагаемых технических средств, так и в физической

обоснованности планируемых зондирований. Все члены Совета настолько были возбуждены, что я не сомневался в единогласном отрицательном решении. В процессе моего сообщения, которое прерывалось нелестными репликами, я обратил внимание на одного из членов Совета, который с большим вниманием спокойно слушал мой доклад. А когда началось голосование, то из всех присутствующих за проведение этих работ проголосовал только один, тот самый член Совета — это был Н. Н. Пузырёв. Так я впервые увидел Николая Никитовича.

Вечером состоялась встреча с Михаилом Константиновичем Полшковым. В тот день его не было на Совете. Когда я ему рассказал, что произошло, он очень спокойно ответил: «У нас на Совете и не такое бывает. Забудьте об этом, решать вопрос о сейсмозондированиях мы будем у В.В. Федынского». На следующий день решением В.В. Федынского проект был утвержден, и на топокарте его рукой красным карандашом была проведена линия профиля от с. Пудино до с.Тарховка через Васюганские болота при общей протяженности профиля 250 км. Позже мне стало известно, что Николай Никитович был основным идеологом сейсмозондирований МОВ в Западной Сибири.

После утверждения проекта состоялось мое знакомство с Н.Н. Начались первые беседы и консультации. Николай Никитович принял меня без особого восторга. Возможно, он считал, что из-за отсутствия у меня опыта в МОВ я не справлюсь с этой работой. Для обеспечения возможности дискретной корреляции опорных отражений между зондированиями особое значение он придавал получению качественного сейсмического материала. В процессе консультаций рассматривались различные варианты условий возбуждения упругих колебаний и систем наблюдений при выполнении зондирований в сложных условиях. Для нас эти работы являлись серьезным испытанием. Мы понимали огромную ответственность за результаты работ, при этом очень хотелось оправдать доверие, оказанное нам руководством.

Сверх ожидания, результаты работ, полученные на профиле, оказались весьма удовлетворительными. На сейсмограммах уверенно прослеживались отраженные волны, позволившие вести достаточно надежную корреляцию опорного сейсмического репера между пунктами зондирования с интервалом 10 км. После предварительного этапа обработки данных материал был принят специальной комиссией в составе А.Н. Федоренко (председатель) и членов комиссии Н.Н. Пузырёва и Н.А. Давыдовой. Комиссия положительно оценила результаты работ, отметив при этом, что это первые данные, доказавшие принципиальную возможность проведения дискретных наблюдений МОВ в Западной Сибири при решении региональных задач. По существу,

была дана оценка научному предвидению Н.Н. и В.В. при постановке достаточно рискованного сейсмического эксперимента. Полученные положительные результаты явились основанием для дальнейшего продолжения работ. На базе САГЭ во ВНИИгеофизике была организована специальная Сибирская экспедиция (В.И. Харкевич и др.), которая еще много лет продолжала работать, в основном, в северных районах Сибири. И каждый год после завершения работ я встречался с Н.Н., который с большим интересом детально знакомился с их результатами, подтверждавшими высказанную им идею о возможности реализации дискретной корреляции при «точечных» зондированиях в Западной Сибири.

В последующем наши общие интересы были связаны с существенно иной, принципиально новой проблемой сейсморазведки, решение которой положило начало новому многолетнему этапу нашего творческого сотрудничества.

В начале 1960-х в связи с резким сокращением фонда легко открываемых рудных полезных ископаемых возникла проблема поисков глубокозалегающих месторождений. Это вызвало определенный интерес к привлечению сейсмического метода отраженных волн для решения разнообразных задач по выявлению структуры рудных месторождений. Подобная задача перед методом ставилась впервые и многими геофизиками была воспринята отрицательно. Существенные разногласия возникли в определении задач и возможностей сейсморазведки в рудных районах. С одной стороны, крупные геофизики-«рудники» с понятием рудная сейсморазведка связывали задачи прямых поисков рудных тел. В то же время многие другие исследователи — сейсморазведчики полагали, что в сложных и нетрадиционных для сейсморазведки средах, относящихся к верхним частям земной коры, отсутствуют сейсмические границы, с которыми можно было бы связать образование отраженных волн. Следовательно, МОВ мог быть отнесен к числу бесперспективных направлений при решении структурных задач в рудных районах.

Решение проблемы рудной сейсморазведки Мингео СССР поручило Всесоюзному институту рудной геологии (ВИРГ), в составе которого мне было предложено организовать лабораторию сейсморазведки. С большим вниманием и интересом к поставленной проблеме отнеслись Инна Соломоновна Берзон и Николай Никитович. Начало нового этапа развития сейсморазведки при решении структурных задач в рудных районах рассматривалось также и в качестве натурального моделирования сейсмических полей в сложнодислоцированных средах. С постановкой этих работ открывались перспективы познания модели кристалличес-

кой коры, а также решения некоторых других принципиальных вопросов, связанных с распространением сейсмических волн в таких средах. Но для утверждения метода отраженных волн в рудной геофизике необходимо было получить убедительные результаты в самом начале его опробования.

Первый рискованный шаг при опробовании метода отраженных волн нами был сделан на Рудном Алтае. Практически одновременно с нами Игорем Васильевичем Литвиненко на Балтийском щите впервые в мировой практике были зарегистрированы отраженные волны, связанные с внутренними границами в верхней части консолидированной коры. Этот результат явился серьезной заявкой на постановку широкомасштабных научных и экспериментальных исследований методом отраженных волн в рудных районах. В марте 1963 г. Н.Н. посетил ВИРГ с целью знакомства с полученным нами сейсмическим материалом. Учитывая чрезвычайную важность проблемы и ее значимость при изучении принципиально нового класса сейсмических моделей, приведу фрагменты из письма Николая Никитовича к директору ВИРГа Владимиру Васильевичу Алексееву: *...«В последних числах марта я находился в Ленинграде и знакомился в Вашем институте с сейсмическими материалами отраженных волн, полученными в 1962 году Н.А. Караевым в районе Зырянновска. Они произвели на меня весьма сильное впечатление. Насколько я знаю, равные по четкости материалы МОВ в горных районах нигде ранее не были получены. Исследования подобного рода, как мне представляется, должны в ближайшем будущем иметь большое значение, с одной стороны, как региональные при поисках рудных месторождений, а с другой — как надежная база для общетеоретических построений в рудной геологии...»*. Для нас заключение Н.Н. имело большое значение в определении дальнейшего направления работ лаборатории, так как, несмотря на полученные первые успешные результаты, дирекция отстаивала прежнюю позицию, связывая задачи рудной сейсморазведки только с прямыми поисками рудных залежей. Существующие противоречия были разрешены на первом Всесоюзном совещании по рудной сейсморазведке, которое положило начало принципиально новому этапу развития метода отраженных волн в рудных районах. Совместно с Николаем Никитовичем и Инной Соломоновной была разработана обширная многолетняя программа научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-методических исследований по разработке физических и методических основ сейсморазведки при решении разнообразных задач рудной геологии.

В своем письме к директору ВИРГа Н.Н. предлагал сотрудничество между лабораториями, ссылаясь на некоторые работы, проводимые в ИГиГ в области рудной сейсморазведки. В ИГиГ задачи сейсморазведки в рудных районах были ориентированы в основном на усовершенствование метода преломленных волн. Так в развитии методов многоволновой сейсмики были раскрыты новые принципиальные возможности сейсморазведки МПВ при детализации структур и изучении вещественного состава пород кристаллического фундамента на примере КМА и Новосибирской области (Л.В. Бродов, А.В. Тригубов и др.). Впечатляют результаты МПВ, полученные А.В. Тригубовым при выделении зоны оруденения в фундаменте на Рудном Алтае. Свежая струя в развитие метода преломленных волн была внесена Артемом Павловичем Волиным, который впервые реализовал метод реверсивного сейсмического просвечивания при изучении верхней части коры на одном из рудных месторождений Узбекистана. Весьма плодотворно, в содружестве с нашей лабораторией, Татьяна Нефёдкина проводила теоретические исследования по решению прямых и обратных задач по данным отраженных волн в случае градиентных сред. Сотрудникам ИГиГ принадлежит целый ряд публикаций, посвященных рудной сейсморазведке, и в том числе, серия статей в книге «Методика рудной сейсморазведки».

Общие интересы в развитии рудной сейсморазведки между институтами с каждым годом сближали нас с Н.Н. Каждый приезд в Ленинград, где Н.Н. знакомился с работами И.В. Литвиненко, он всегда посещал нашу лабораторию. Мы располагали сейсмическими материалами, полученными в самых разнообразных средах и практически во всех основных рудных провинциях. Особенно восторгался Н.Н. материалами Олега Ивановича Калинина, полученными при поисках кимберлитовых трубок в Западной Якутии, что в дальнейшем стимулировало постановку в ИГиГ специальных теоретико-модельных и экспериментальных исследований в этом направлении.

Большой интерес у Н.Н. вызвали полученные впервые результаты детального изучения скоростных разрезов скважин в массивах кристаллических пород и на рудных месторождениях методом акустического каротажа (Г.Я. Рабинович). В последующем Н.Н. отмечал, что *«... Важным положительным моментом полученных материалов является повсеместный анализ данных по скоростям как продольных, так и поперечных волн. Такой подход следует считать принципиально новым, так как он дает возможность в последующем обосновать применение многоволновой сейсморазведки. Сведения о скоростях приводятся по данным натурных наблюдений, тогда как в предыдущих публикациях, как правило, превалировала информация лабора-*

торных измерений на образцах. Весьма ценными следует считать также приведенные сведения о контактах и переходных слоях на границах толщ горных пород, различающихся по физическим параметрам, прежде всего по скоростям распространения волн. Тем самым доказывается возможность формирования вторичных, прежде всего отраженных и рассеянных, волн в верхней части консолидированной коры. Эти данные имеют принципиальное значение для оценки возможности применения сейсморазведки в сложных геологических условиях».

По мере накопления данных о пространственном распределении упругих параметров кристаллических пород и об особенностях реальных волновых полей произошли коренные изменения в представлениях о сейсмических моделях верхней части земной коры. Нами был введен новый нетрадиционный класс сейсмических моделей, названных гетерогенными. Это явилось «визитной карточкой» для вхождения в среду «региональных» сейсморазведчиков, куда меня ввела Ирина Петровна Косминская. К описанию земной коры моделями подобного типа далеко не все относились положительно. С большой осторожностью эти модели воспринимались и Н.Н. Только через много лет, когда в широких масштабах стали проводиться региональные сейсмические наблюдения ОГТ, сейсмическая гетерогенность земной коры в явном виде проявилась в наблюдаемом поле рассеянных волн. На динамических разрезах в интегральных энергетических характеристиках рассеянных волн прослеживаются гетерогенные системы земной коры, в которых находят отражения ее расслоенность и мозаично-блоковая структура. Сейчас, когда речь идет о модели земной коры по наблюдениям в «ближней» зоне, термин «сейсмическая гетерогенность» употребляется повсеместно, но для меня самым важным было мнение Н.Н. В одной из рецензий на последнюю нашу монографию Н.Н. писал: *«Важным достижением следует считать введение гетерогенных моделей, состоящих из упорядоченных и неупорядоченных множеств дискретных элементов, представляющих собой локальные неоднородности. Это нововведение в теорию и практику метода отраженных волн следует считать принципиально новым подходом при расшифровке природы волн в сложных ситуациях, которая расширяет понимание термина “граница раздела”».* Предлагаемый нами класс гетерогенных сейсмических моделей нашел отражение в последних публикациях Н.Н. при обсуждении модели кристаллической коры.

Наиболее уверенно сейсмическая гетерогенность коры проявилась в поле рассеянных волн при пересечении известных кимберлитовых по-

лей Западной Якутии. Поисками кимберлитовых полей в Западной Якутии, представляющих исключительный практический интерес, Н.Н. уделял особое внимание. В течение многих лет Владимиром Дмитриевичем Суворовым были получены интересные результаты по выявлению признаков локализации кимберлитовых полей методом ГСЗ. На основе развиваемой концепции о сейсмической гетерогенности коры полученные нами динамические разрезы ОГТ были сопоставлены с данными ГСЗ. Два метода, дополняя друг друга, с разных позиций отобразили положение известных кимберлитовых полей.

Рассмотрение нетрадиционного класса сейсмических моделей сопровождалось исследованиями распространения рассеянных волн методом ОУГСМ. Последнему Н.Н. придавал большое значение при решении сложных проблем сейсморазведки. Возможно, что результаты нашего моделирования, которые высоко оценил Н.Н., стимулировали организацию в ИГиГ лаборатории физического моделирования. В кратчайшие сроки под руководством Н.Н. и Леонида Давидовича Гика эта лаборатория добилась существенных результатов в создании уникальной аппаратуры и технологии сейсмического моделирования, получивших широкую международную известность и особенно в последнее десятилетие при поиске нефтенасыщенных порово-трещиноватых сред. Важно отметить, что первые интересные результаты были связаны с физическим моделированием сейсмических полей в присутствии кимберлитовой трубки.

Вклад в региональную сейсморазведку нами был сделан еще в начале 90-х годов. На международном форуме, который проходил в Институте физики земли, а затем на совещании в ИГиГ мною были сделаны сообщения о результатах многоволновых наблюдений ВСП, проведенных в Кольской сверхглубокой скважине 3. Полученные результаты произвели сильное впечатление на Н.Н. Волновое поле, наблюдаемое в скважине, было насыщено поперечными и обменными отраженными волнами, связанными с границами в кристаллической толще пород печенгской серии. Приведенные данные в сопоставлении с наземными наблюдениями на профиле ОГТ, пересекшем эту скважину, явились иллюстрацией к тому, как много полезной информации о строении земной коры мы теряем при переходе к наземным наблюдениям. Подобное мы обнаружили также при сопоставлении данных наземных и многокомпонентных наблюдений ВСП в некоторых других районах при изучении верхней части земной коры в Казахстане, Узбекистане, на Хибинах и др. В этих районах данные наземных наблюдений часто оказывались малоинформативными и технологически не оправданными. Стало очевидным, что несовершен-

ство применяемых технологий наблюдений МОВ ведет к существенной потере информации о строении кристаллической коры, которую можно было бы извлечь из нереализованных возможностей многоволновой сейсморазведки. Вопрос о возможности использования поперечных и обменных отраженных волн при региональных наблюдениях в ближней зоне, неоднократно обсуждавшийся с Н.Н., рассматривался в двух аспектах. С одной стороны, возможно ли в условиях современного развития технологичной сейсморазведки обеспечить выполнение многоволнового сейсмического эксперимента, гарантирующего стабильность и оптимальность условий возбуждения и приема упругих колебаний. В подобной ситуации при отсутствии «чистоты» в проведении эксперимента, как отмечал Н.Н., вряд ли можно ожидать положительного эффекта от применения многоволновых наблюдений методом отраженных волн при изучении сложного строения земной коры. С другой стороны, не являются ли «открытые» районы, характеризующиеся высокой сейсмической неоднородностью верхней части фундамента, «пороговыми» условиями для применения метода многоволновой сейсморазведки. До сих пор оба вопроса остались нерешенными.

На протяжении многих лет мне посчастливилось встречаться с Н.Н. как в официальной обстановке на многих совещаниях, семинарах и пр., так и дома. Каждый раз, приезжая в Новосибирск, я обязательно бывал у Н.Н. Всегда с исключительной теплотой встречали меня Мария Николаевна и Н.Н., и беседы за чаем у нас заканчивались за полночь. Большим и весьма серьезным увлечением Н.Н. была нумизматика и фалеристика. Он коллекционировал значки с памятниками архитектуры, но он не просто собирал значки, а детальнейшим образом, со свойственной ему скрупулезностью изучал имеющиеся исторические данные о происхождении каждого памятника. Поэтому коллекция значков сопровождалась сбором соответствующих изданий по истории архитектуры, которой он владел на самом высоком уровне.

Как-то при встрече Н.Н. посоветовал мне обобщить материалы по рудной сейсморазведке и даже предложил план содержания работы. В середине 1990-х годов был создан «Атлас сейсмических моделей и волновых полей сложнодислоцированных сред рудных районов» (авторы Караев Н.А., Рабинович Г.Я.), в котором были обобщены и проанализированы сейсмические материалы, полученные практически во всех рудных провинциях СССР. После завершения работы над Атласом в Москве состоялась встреча с Н.Н. В течение нескольких часов с короткими перерывами Н.Н. ознакомился с Атласом. Я был потрясен доскональностью, с какой рассматрива-

лась работа. Буквально по каждому рисунку, будь то сейсмограмма или геологический разрез, Н.Н. часто просил меня в деталях рассказывать содержание каждой иллюстрации, некоторые из которых были включены в последнюю монографию Н.Н. К концу просмотра Атласа я очень устал, Представляю себе при этом насколько тяжело было Н.Н. — ведь каждую иллюстрацию, а их было свыше трехсот, он рассматривал с помощью лупы. Подобный стиль работы был характерной чертой для Н.Н.

В последующие годы Н.Н. посоветовал на основе материалов Атласа написать монографию «Рудная сейсморазведка». Проект содержания монографии был составлен при значительной помощи Н.Н. Монография «Рудная сейсморазведка» (Караев Н.А., Рабинович Г.Я.), рецензентом которой являлся Н.Н., была издана в 2000 году.

Так был завершен сорокалетний период рудной сейсморазведки, начатой нами при существенной поддержке Н.Н. По существу, это был наш отчет о работе многих коллективов сейсморазведчиков, которые работали в рудных районах и, конечно, для нас чрезвычайно важной была оценка этой работы со стороны Н.Н. Вот что писал Н.Н. в своей рецензии на монографию: *«Представленную на рецензию книгу ... можно рассматривать, как первую в отечественной и мировой литературе всеобъемлющую монографию по применению сейсмических методов в рудных районах. В книге содержится значительное число новых разработок авторов практически по всем вопросам рудной сейсморазведки, что придает ей свежесть и оригинальность. Во всех основных разделах книги реализуется комплексный подход к решению обратных задач с использованием волн различных классов и типов, что является единственно правильным при изучении весьма сложных объектов...»*. Этой рецензией по существу была дана оценка нашему многолетнему пути в развитии рудной сейсморазведки, пройденному при постоянной поддержке со стороны Н.Н.

Последняя встреча с Н.Н. состоялась в дни его последнего юбилея, куда я был приглашен с докладом. Нет возможности описать то, что происходило в эти дни. Это было большое торжество геофизиков, которые отчитывались результатами многолетних исследований по самым разнообразным проблемам сейсморазведки, возглавляемых юбиляром с рождения метода. Самое сильное впечатление на меня произвел юбилейный доклад Н.Н. В течение сорока минут Н.Н. четко излагал свои представления о состоянии метода и путях дальнейшего его развития. Оценивая сложившуюся ситуацию

в сейсморазведке, Н.Н. особо подчеркнул негативные стороны метода. Много резких, нелестных, но справедливых слов было сказано в адрес тех, кто управляет и определяет пути развития отечественной геофизики. При абсолютной тишине в зале с огромным вниманием мы слушали исключительно четкий содержательный доклад Н.Н., в котором по существу излагалось Завещание Патриарха сейсморазведки новому поколению. Сама форма изложения доклада, четкая связка между различными аспектами содержания практически не отличались от стиля выступлений Н.Н., которые мы слышали в разные годы.

Вечером Н.Н. пригласил меня отметить юбилей в кругу семьи. Для меня эта встреча была знаковой. Ведь прошло полвека с нашего знакомства. Вспомнили тот замечательный и неповторимый «золотой» век геофизики, когда рождался «фундамент» метода и его отдельных направлений. Этот период был знаменательным еще и тем, что те, кто стоял у истоков метода, представляли собой сообщество талантливых людей, одержимых энтузиастов-сейсморазведчиков. Существенным для них являлась высокая требовательность к «чистоте» сейсмического эксперимента, очень «тонкий» и «честный» подход к методу как на этапе чтения сейсмических записей, так и в оценке результатов. Высокий творческий накал этих людей всегда сочетался с исключительной доброжелательностью, и мечтой каждого молодого специалиста было соприкоснуться с удивительной семьей сейсморазведчиков. И в этом мне повезло. И вот через пятьдесят лет за одним столом, рядом с последним представителем того поколения сидит его ученик, принадлежащий тоже к уже уходящему поколению, и с огромной благодарностью вспоминает те замечательные годы, посвященные сейсморазведке, которые проходили при постоянной и удивительно плодотворной поддержке Николая Никитовича. Прощались мы, как старые друзья, при этом каждый из нас понимал, что это последняя наша встреча.

Мы общались письмами, в которых больше всего обсуждались вопросы, связанные с трактовкой сейсмических объектов, относимых нами к гетерогенным системам.

Поздно вечером раздался тревожный звонок из Новосибирска. Лев Николаевич сообщил мне трагическое известие. Вместе с Николаем Никитовичем закончилась эпоха замечательных людей, с которыми мы прошли длинный путь развития сейсмического метода, которому посвятили всю нашу жизнь.

МНЕ ПОСЧАСТЛИВИЛОСЬ БЫТЬ УЧЕНИКОМ НИКОЛАЯ НИКИТОВИЧА ПУЗЫРЁВА



В науку я пришел далеко не в юные годы. За спиной — более чем восьмилетний стаж производственной работы в разведочной геофизике, беспокойного хозяйственного и инженерного труда, требующего отдачи всех сил и умений. Это выработало энергичный стиль поведения и убежденность в своих деловых способностях, проверенных опытом. И вот Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС).

В моем активе после завершения ряда экспериментов, выполнения конструкторских работ и внедрения в практику их результатов

оказались приповерхностный источник сейсмических колебаний, позволяющий проводить сейсмические исследования без применения тяжелых буровых станков, а также методика сейсмических наблюдений, обеспечивающая высокое качество записи отраженных волн и тем самым повышенную геологическую эффективность. Кроме того, выполненные экспериментальные исследования динамических особенностей отраженных волн с удалением от источника давали основание провести эксперимент по оценке эффективности методики сейсмических зондирований отраженными волнами в закрытой области. Однако все эти исследования и результаты носили характер усовершенствования отдельных сторон традиционной сейсморазведки; в них не было целостности и удовлетворяющей исследовательскую страсть значимости. Я понимал, что эти качества могут быть связаны, например, с разработкой новой методики, способа решения геологической задачи. И только такого рода и значимости результат может стать основой диссертационной работы, стремление к которой у меня уже зародилось. И это естественно. Прежде всего, так уже сложилось: в науке право называться ученым дает защита диссертационной работы, в результате которой присуждается первая ученая степень — степень кандидата наук. Поэтому я решительно настроился на диссертацию. Но для этого нужно найти и сформу-

лизовать задачу. А это весьма сложное и не простое дело. Можно с уверенностью сказать, что постановка диссертационной задачи — это полдела. Остальное — время и труд. На поиск темы диссертационной работы нередко уходят годы исследований, пока, наконец, из гаммы успехов и заблуждений не выкристаллизуется достаточно четкая, обоснованная задача, решение которой и станет ясной целью последующей научной работы и приведет к диссертации. Конечно, бывают более простые и легкие ситуации, когда молодой соискатель попадает под научное руководство маститого ученого. Тот в силу своих огромных знаний и опыта задает и формулирует диссертационную задачу, а затем контролирует ее выполнение. В основном такая система подготовки ученых осуществляется в академических институтах, что значительно сокращает путь к защите диссертации. Можно назвать ориентировочные сроки исполнения и защиты диссертационной работы при разных условиях: при научном руководителе это три—пять лет, без него — пять — десять.

Не имея научного руководителя, мне нужно было самому найти и сформулировать диссертационную задачу. Однако идеи на пустом месте не прорастают. Их надо искать среди множества малых и значительных результатов исследований, объединять и синтезировать, проникать и охватывать смежные направления науки. Они приходят неожиданно и, кажется, совсем случайно. Но это не так. Это подсознательный результат синтеза труда и мучительного поиска идеи. И я нашел такую идею. Это «Поиски локальных нефтегазоперспективных структур в низах осадочных отложений Западно-Сибирской плиты сейсмическими зондированиями». Решение этой главной нефтегазоперспективной задачи осуществлялось путем непрерывных сейсмических наблюдений. Для этого в тайге рубили просеки, использовались многоканальная сейсмическая аппаратура, тяжелые буровые станки и гусеничные тракторы. Непрерывное профилирование обеспечивало высокую точность определения особенностей строения сейсмического горизонта. Применение сейсмических зондирований предполагало использование дискретной системы наблюдений. Это сразу же ставило под сомнение высокую точность корреляции волн, а следовательно, и возможность решения столь тонкой геологической задачи. В силу указанных обстоятельств эта идея воспринималась коллегами в институте с трудом. Некоторые исследователи, имевшие большой опыт в традиционной сейсморазведке, считали это бредом и совершенно бесперспективной задачей, что не поколебало мою уверенность. Мне казалось, что я, наконец, нашел целостную методическую задачу, и я чувствовал, что могу сказать свое слово в методике и разработать новый инструмент

поиска и обнаружения нефтегазоперспективных структур. Он должен быть облегченного типа, его можно использовать в гужевом, пешеходном вариантах, а также с применением авиатранспорта. При такой методике отпадает необходимость рубить в тайге просеки, применять тяжелые вездеходы и мощные буровые станки. Вместе с тем значительно сокращается численность сейсмического отряда и в пять-десять раз снижается стоимость полевых работ. Главное препятствие для реализации такой методики, с учетом уже решенных ранее задач, заключалось в необходимости разработки систем наблюдений, обеспечивающих высокую точность отождествления волн по площади, решения ряда задач интерпретации и в создании легкой переносной сейсмической аппаратуры.

С этим я вышел на директора института Виктора Семеновича Суркова. Ему, видимо, было тоже сложно оценить эту идею, и он предложил мне посоветоваться с Николаем Никитовичем Пузырёвым.

Николай Никитович Пузырёв в то время возглавлял сектор геофизики недавно организованного Института геологии и геофизики Сибирского отделения Академии наук СССР. Его книга «Интерпретация данных сейсморазведки методом отраженных волн» долгие годы являлась настольной для сейсморазведчиков и создала ему авторитет крупного ученого как в стране, так и за рубежом. В СО АН СССР он организовал коллектив молодых ученых-сейсморазведчиков, среди которых в сравнительно короткое время появились сильные лидеры, способные самостоятельно вести исследования практически по всем направлениям сейсмического метода. Одним из них был Сергей Васильевич Крылов (впоследствии член-корреспондент АН СССР (РАН), директор Института геофизики СО РАН), который возглавлял лабораторию глубинных сейсмических исследований.

Виктор Семенович Сурков созвонился с Николаем Никитовичем Пузырёвым и договорился о встрече. Мы вошли в небольшой кабинет. К нам навстречу тут же поднялся эlegantный, с добрым лицом человек, пригласил нас сесть и по телефону позвал к себе Сергея Васильевича Крылова. До этой встречи я был знаком со многими сотрудниками Академии наук, где регулярно по пятницам проводились семинары, на которые нас часто приглашали, и мы имели возможность участвовать в обсуждении научных докладов и общаться с сотрудниками наших институтов. Сергей Васильевич, невысокого роста, тонкий, худощавый еще молодой человек вошел и, скромно поздоровавшись, присел чуть поодаль. Виктор Семенович рассказал Николаю Никитовичу о работах в институте, какие он думает сделать преобразования, о том, что нужно растить научные кадры, а для этого необходимо, чтобы сотрудники за-

щищали диссертации. После такого вступления он перешел к моей теме. Николай Никитович, выслушав мои соображения и планы, сказал: «Мне импонирует методическое направление темы и результаты исследований, которые вы провели. Это в русле нашего общего направления, связанного с разработкой методики дискретных наблюдений при изучении земной коры и верхней мантии. Кстати, как вы думаете осуществлять дискретную корреляцию волн? Вы читали нашу статью о специальных полях времен, которые способствуют повышению точности отождествления волн?». Я смутился, потому что не читал ее и (может быть, потому что она была буквально в текущем месяце опубликована), замялся. Это не ускользнуло от Николая Никитовича, и он чрезвычайно тонко и мягко дал понять, что ее следует прочесть и она может оказать помощь в решении моей непростой задачи. Тем не менее, тематику он одобрил. Виктор Семенович спросил его: «Не могли бы вы быть научным руководителем его диссертационной работы?» Николай Никитович ответил, что он согласен, но чрезвычайно занят и поэтому хотел бы часть работы переложить на Сергея Васильевича Крылова и разделить с ним научное руководство. «Вы не возражаете, Сергей Васильевич? — спросил Николай Никитович, — работа в некотором роде в Вашем направлении». «Я знаком с результатами исследований Василия Леонтьевича, — ответил Сергей Васильевич, — и согласен подключиться к научному кураторству его работы». Вопрос, волновавший меня, был решен, тема утверждена. В тот же час были оговорены общий план и некоторые положения диссертационной работы и назначено время сдачи кандидатского минимума по спецпредмету. Воодушевленный результатами встречи с Николаем Никитовичем, я ринулся в работу. Теперь я ясно понимал, что кандидатская в моих руках и нужно только трудиться, трудиться и трудиться.

Методика зондирования отраженными волнами для поисков локальных структур была разработана, внедрена в производство и получены впечатляющие результаты. В сравнении с традиционным непрерывным профилированием она повышала производительность труда в два — три раза и снижала стоимость работ от трех до восьми раз. Все это было задокументировано протоколами, и теперь я мог с чистой совестью писать диссертацию и выходить на защиту. Защита прошла гладко. Научные руководители хвалили, оппоненты тоже. Это было в 1966 г. Вскоре я получил из Высшей аттестационной комиссии диплом кандидата геолого-минералогических наук.

Да, я стал ученым, но что же дальше? Что делать? Работа в прежнем направлении представлялась малоперспективной в научном плане, и я, рассуждая по пословице: «Плох тот солдат, который не хочет стать

генералом», конечно, был охвачен мыслью о достижении высшей ученой степени доктора наук. Но какое выбрать направление, и за какую взяться крупную проблему, решение которой могло бы привести к желанной цели? Это был мучительный период. Мысли работали в русле прежних увлечений и идей, но не находили выхода. Нужно было вырваться из них, чтобы расширить свой горизонт, но это так непросто. Помогла сама жизнь. За Енисеем лежала огромная страна с нетронутыми, неизведанными, но богатейшими, по прогнозам геологов, недрами — Тунгусская синеклиза. Огромные запасы нефти и газа Западной Сибири, в основном, были определены и оказались небезграничными. Дальнейший их прирост намечался за счет освоения восточных районов страны и в первую очередь Тунгусской синеклизы. В связи с этим Министерством геологии СССР институту было дано задание выйти со своими исследованиями на эту территорию. Лаборатория, которую я возглавлял, была самой подходящей для безболезненной переориентации исследований, хотя бы потому, что диссертационной работой было завершено тематическое направление. Виктор Семенович Сурков вызвал в кабинет и предложил перейти со своими исследованиями на эту новую совершенно не изученную геологическую провинцию. Но как перейти, с чего начать, в каком направлении идти? И я решил поехать к моему научному руководителю Николаю Никитовичу. Он выслушал и сказал: «Я бы Вам посоветовал заняться глубинными сейсмическими зондированиями земной коры Тунгусской синеклизы. Территория чрезвычайно трудная, но богатая». Для меня это означало в корне пересмотреть представления о методике и задачах исследований, но я принял направление, предложенное Николаем Никитовичем. В результате мной была разработана методика изучения земной коры в условиях интенсивного развития траппов.

Исследования развернулись по всей площади синеклизы. Новейшая, наиболее достоверная, геологическая информация потекла лавиной. Я вместе с группой интерпретаторов едва успевал ее обрабатывать. Результаты интерпретации и методические разработки регулярно публиковались нами и давали пищу геологам — практикам и теоретикам. Наконец, наступил такой предел насыщения информацией, что стало необходимо не только отойти от непосредственного участия в ее получении и интерпретации, но и заняться обобщением полученных материалов. Результатом этой работы явилась докторская диссертация, которую я прежде всего положил на стол для прочтения академику Виктору Семеновичу Суркову как директору института. Одновременно я передал ее Николаю Никитовичу и Сергею Васильевичу.

Я постоянно поддерживал с ними связь, знакомил с результатами своих исследований и публикациями, в трудные моменты пользовался их советами и консультациями, и они были осведомлены о моих намерениях оформить результаты исследований в виде докторской диссертации. Поэтому, когда я принес свой труд, это не стало для них неожиданностью. Вскоре я получил отзыв, в котором они высоко оценили мою диссертацию и рекомендовали ее к защите в качестве докторской.

Время шло. Диссертационная работа проходила многоступенчатые испытания. В это время Николай Никитович и Сергей Васильевич пригласили меня принять участие в подготовке монографии по методике и результатам изучения земной коры в Сибири. Я с радостью принял его. Монография была высоко оценена научной общественностью и представлена в комитет на присуждение государственных премий. Но, увы, на самом финише она не прошла. Предпочтение отдали другой работе, родившейся в кругах московской геологической элиты.

Шестидесятые — восьмидесятые годы были отмечены расцветом глубинных сейсмических исследований (ГСЗ). Недалеки от истины были те исследователи, которые называли этот период золотым веком ГСЗ. Организация широкой сети научно-исследовательских институтов и отделений Академии наук способствовала развитию и увеличению объемов этих дорогостоящих работ. И, конечно, многие искали свои пути, создавали новые методики. Количество переходило в качество, но иногда с обратным знаком. Было много случаев, когда результаты исследований разными методами оказывались несовместимы. Это вызывало тревогу и озабоченность ученых, в связи с чем при Академии наук было организовано совещание для поиска выхода из этой неприятной ситуации. Николай Никитович решил принять активное участие в этом совещании. Он пригласил меня и Сергея Васильевича Крылова и предложил совместно составить требования к методике ГСЗ, которые содействовали бы получению однородной, сходной по составу и точности сейсмической информации. Такие требования были выработаны, Николай Никитович попросил меня сделать доклад на этом совещании. Это было мое первое выступление на таком высоком форуме, и, конечно, я волновался. Доклад обсудили, многие положения были одобрены и приняты. Но это совещание сыграло для меня и другую важную роль. Я предстал в выгодном свете перед научной геофизической общественностью. Это способствовало установлению контактов со многими ведущими специалистами в ГСЗ, некоторым из них я передал автореферат своей диссертации в надежде получить от них отзывы. Надежды мои оправдались. К моменту защиты диссертации я имел отзывы от весьма авторитетных ученых значительно больше, чем это было необходимо.

Тем более, что их имена были хорошо известны в Высшей аттестационной комиссии, где, как правило, и решается окончательно участь диссертанта. Защита докторской диссертации прошла успешно.

Незадолго до кончины Николая Никитовича я и Виктор Семенович побывали у него дома. Он был слаб, но как всегда приветлив и интеллигентен. Конечно, помимо прочего, он интересовался положением дел в сейсморазведке. Я посетовал, что существует весьма сложная проблема использования технологии общей глубинной точки (ОГТ) в рудных районах, где попытки использования многократных перекрытий показали, что метод малоэффективен в силу его теоретической и практической несовместимости с моделью гетерогенной среды.

Он задумался и с некоторой долей грусти сказал: «Эх, мне бы сбросить лет двадцать, я бы эту проблему разрешил».

Вскоре его не стало.

ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА

В настоящее время под термином «прогнозирование геологического разреза» (ПГР) подразумевается получение информации прикладного характера о вещественном составе исследуемых месторождений. В нефтегазовой геофизике этот термин используется в применении к определению местоположения и выявлению запасов месторождений нефти и газа. Ранее при решении тех же задач часто использовался термин «прямые поиски нефти и газа».

Николай Никитович Пузырёв очень ответственно относился к оценке возможностей геофизики вообще и сейсмических методов. Он, в том числе, обращал внимание на то, что между характеристиками нефтегазосодержания и основными параметрами сейсмических волн достоверной является только зависимость между структурой горных пород и данными сейсмического зондирования. Развитие сейсмической науки полностью подтвердили это положение, избавляя исследователей (в особенности молодых) от ложных «находок».

Тем не менее, исследования последних лет показывают, что сейсмическая информация о «маломасштабных» структурах оказывается очень полезной для решения задач ПГР и, в первую очередь для определения пористости и трещиноватости нефтегазонасыщенных пород — коллекторов. Действительно, измерение пористости позволяет оценить запасы углеводородных флюидов — нефти и газа метана, а исследование трещин позволяет получить информацию о проницаемости горных пород, определяющей «извлекаемость углеводородов из коллектора».

Зависимость сейсмической скорости и логарифмического декремента затухания от коэффициента пористости является общеизвестной. Однако исследования последних лет, выполненные в основанной Н.Н. Пузырёвым Новосибирской сейсмической школе, выявили



очень важные, существенно новые факты. Показано, что между приращением декремента затухания $d(Q^{-1})$ и коэффициентом пористости $K_{\text{пор}}$ существует однозначная зависимость

$$d(Q^{-1}) = 2\pi K_{\text{пор}} (\rho_0 - \rho_{\text{ф}}) / \rho_0.$$

Здесь ρ_0 и $\rho_{\text{ф}}$ — плотности горной породы и порового флюида соответственно. Поскольку декременты затухания горных пород (включая и коллекторообразующие) очень малы и обычно не превышают величин $Q^{-1} 0,01—0,03$, то наличие пористости, имеющей типичную для нефтегазовых залежей величину $K_{\text{пор}} \sim 0,05—0,2$, приводит к увеличению затухания по крайней мере в десятки раз. Это означает, что можно измерить коэффициент пористости по декременту затухания.

Исследования, проведенные в Институте нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, показали, что механизм затухания сейсмических волн, основанный на вязком трении нефтегазового флюида о стенки пор в коллекторе, получивший главное признание в разведочной сейсмике, не соответствует данным эксперимента. Результаты получаются сильно — приблизительно на два порядка — заниженными. Следствием этого явились исследования иного механизма, основанного на учете переизлучения (рассеивания) сейсмических волн на микронеоднородных включениях, образуемых нефтегазонаполненными порами. При этом удалось использовать результаты школы Н.Н. Пузырёва в области источников сейсмических волн. В этой связи следует заметить, что Николай Никитович уделял большое внимание изучению сейсмических источников и их практической разработке.

Соответствие механизма рассеивания физике процесса затухания сейсмических волн экспериментально обеспечивалось средствами ультразвукового физического моделирования. Аппаратура и методика последнего разрабатывались и в течение многих лет развивались по инициативе Н.Н. Пузырёва. Для проведения экспериментов по изучению закономерностей затухания сейсмических волн в пористых средах были разработаны специальный аппаратный комплекс и технологии лабораторного изготовления образцов пористых сред. В соответствии с одной из них в качестве такого образца использовалась эпоксидная смола, а газонаполненные поры имитировались гранулами пенопласта с размером 2—4 мм. Зондирование выполнялось гармонической волной длиной порядка

10 мм (частота зондирования ~ 300 кГц). При таких соотношениях выполнялось условие подобия — малость размеров неоднородностей по сравнению с длиной волны. Поскольку плотность пенопласта пренебрежимо мала по сравнению с плотностью эпоксидной смолы, то суммарный относительный объем пенопластовых гранул соответствовал коэффициенту пористости моделируемой среды. Были изготовлены блоки, обладавшие соответствующими нуждам практики величинами пористости: 0, 8, 16 и 23 %.

Эксперименты показали, что экспериментальная величина декремента затухания хорошо соответствует расчетам для механизма затухания, основанного на принципе рассеивания. Были экспериментально подтверждены основные закономерности механизма рассеивания. Они имеют практическое значение для оптимальной технической реализации измерения декремента затухания, в частности, в условиях акустического каротажа. Так, например, было установлено, что для высокопористых геоакустических сред декременты затухания для продольных и поперечных волн близки друг другу, вследствие чего имеет смысл измерять только один из них. Было также показано, что декремент очень слабо зависит от частоты зондирующего сигнала, а это упрощает требования к аппаратуре и методике измерения.

В то же время анализ закономерностей затухания сейсмических волн показал, что величина декремента слабо зависит от вещественного состава порового флюида. Иными словами, информация о декрементах затухания позволяет определить объем флюида, но оказывается мало полезной при оценке типа флюида. В этом отношении несомненно имеют преимущество электромагнитные геофизические методы, поскольку электрическое сопротивление нефти существенно выше, чем воды, а газа — выше, чем нефти. Этот пример заставляет вспомнить, что Николай Никитович уделял существенное внимание комплексированию различных методов разведочной геофизики.

В развитии методов изучения трещиноватых горных пород научная школа Н.Н. Пузырёва имеет большие достижения. Проводившиеся здесь исследования являлись частью работ по «многоволновой» сейсмике, включавшей в себя зондирование не только продольными, но и поперечными волнами. Достигнутые в этом направлении результаты не имели аналогов в мире. Изучение трещиноватости важно не только для геофизики нефти и газа, но и для иссле-

дований прочности горных пород, обладающих самыми широкими практическими приложениями. Отметим высокий научный уровень теоретических работ. Развита аппарат анализа волновых полей в анизотропных средах, применимый для изучения сейсмических процессов в условиях сложных нагрузок. Многие полученные результаты являются очень нетривиальными.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что научная школа Н.Н. Пузырёва внесла очень крупный вклад в развитие методов изучения трещин и пор горных пород, а значит, и в прогнозирование нефтегазовых месторождений разведочной геофизикой.

МОИ УНИВЕРСИТЕТЫ

По окончании геологического факультета МГУ в 1959 г. я была направлена на работу в Иркутск, в трест «Востсибнефтегеофизика». Сначала побывала в поле — летом 1959-го, потом зимний сезон 1959—1960 пробыла в Иркутске — участвовала, в качестве техника-вычислителя, в обработке полученного полевого материала. Лето 1960-го — снова в поле, на этот раз в другой партии — той, которая проводила совместные работы с группой исследователей из Института геологии и геофизики (В.В. Жадин, И.С. Чичинин) и ВНИИгеофизики (Л.Н. Худобина, Т.Н. Лебедева). По окончании полевого сезона Чичинин, окончивший аспирантуру при Ленинградском университете (он был аспирантом Ф.М. Гольцмана) и принятый на работу в Институт геологии и геофизики (ИГиГ) СО АН СССР, отбыл в Новосибирск. Я же попала в Новосибирск на месяц позднее.



Хорошо помню тот вечер, когда И.С. Чичинин и я предстали перед Н.Н. Пузырёвым в его первой квартире по улице Академическая (теперь Морской проспект). Тогда это была улица с небольшим числом только что построенных домов. Поговорив о делах и о погоде, мы сказали, что «мы вместе» и что я хотела бы работать в Институте геологии и геофизики. Николай Никитович и Мария Николаевна, глядя на нас, сразу догадались, в чем дело, и Николай Никитович пообещал взять меня на работу, предварительно расспросив, кто я и откуда. С 1 января 1961 г. я была принята в институт на должность старшего лаборанта и, скорее всего, не потому, что Николай Никитович был убежден, что я могу быть полезна, а для поддержки Чичинина, т. е. я была принята как будущая жена Чичинина.

В конце лета 1961 г. в нашем полку прибыло: по распределению, после окончания Московского геолого-разведочного института, в команде Николая Никитовича появились Мишенькины — Борис и Сабина, и Нефёдкины — Юра и Татьяна. К этой группе в то же время присоединился выпускник геологического факультета ЛГУ Борис Сибиряков.

Их пятерых — молодое пополнение формирующейся сейсмической лаборатории — Николай Никитович набирал заранее.

Начало работы всех молодых пришлось на полевые работы. Случайность это или заранее предусмотренный шаг? В нашем случае, очевидно, что это простое совпадение во времени. Однако, зная Николая Никитовича, можно с полной уверенностью сказать, что именно такое начало для молодого специалиста (собственно говоря, еще совсем и не специалиста) он бы и выбрал в случае необходимости. Что может быть полезнее, чем крещение полем?

Однако мое пребывание в тресте — дважды в поле и в зимней «камералке» — хотя и было, по-видимому, полезным, привело меня к большому разочарованию в выбранной профессии. Работа оказалась мне совершенно неинтересной, а ее суть — непонятной. Да и в самом деле, разве интересно снимать времена с сейсмограмм по заранее прочерченным красным осям синфазности, строить по ним графики (годографы), а потом, пользуясь счетами, рассчитывать скорости известным способом, применяя метод наименьших квадратов. Самое плохое — это то, что оси синфазности часто были нарисованы там, где никакой оси не было видно, хотя рядом шли регулярные, хорошо видимые оси, но они были «не те». Искусство интерпретатора, проводящего корреляцию волн, в том и состояло, чтобы так прокоррелировать и увязать друг с другом все волны, чтобы в итоге получить правдоподобные разрезы. (И весьма желательно, чтобы они потом, при проверке бурением, оказались бы не правдоподобными, а правдивыми!)

Моя работа под началом Николая Никитовича началась с вписывания формул в его напечатанную на машинке новую статью — в три экземпляра. Это было уже интереснее, чем то, что я делала в иркутском тресте. Вписывая, я хотела понять, что все это значит. И поняла. И более того, даже нашла какие-то мелкие ошибки.

Далее Николай Никитович стал давать мне отдельные задания. Хорошо помню эти листочки бумаги, исписанные его не очень разборчивым почерком, в правом верхнем углу которых стояло: «Оболенцевой». (Наверно, были и другие листики, где стояло: «Мишенькиной», «Нефёдкиной» и далее по списку.) Требовалось что-то рассчитать. Сначала это были трехмерные кинематические задачи: расчет лучей и времен пробега для волн разных типов, включая обменные, для сред сложного строения и для нестандартных схем наблюдения. Для выполнения этих заданий надо было знать и применять аналитическую геометрию. Потом начался расчет динамики лучевым методом для тех же моделей. Настольными книгами для меня стали три тома

«Материалов количественного изучения динамики сейсмических волн», созданные под руководством Г.И. Петрашеня, а также соответствующие статьи в «Вопросах динамической теории распространения сейсмических волн», так называемых петрашеневских сборниках. Можно было получать консультации у непосредственного участника создания «Материалов» — Марии Владимировны Алексеевой, за что я ей очень благодарна.

Так я включилась в разработку главного научного направления, создаваемого Николаем Никитовичем вместе с коллективом возглавляемой им лаборатории. Оно сначала называлось методом поперечных и обменных волн, а потом получило название многоволновых сейсмических исследований. Это дело всей жизни Николая Никитовича, и о нем можно и нужно писать много и подробно. Но поскольку я решила написать о том, какую роль сыграл Николай Никитович в моем обучении сейсмике и как под его руководством и влиянием формировались мои научные интересы, то я буду придерживаться этой линии изложения.

До начала 1960-х годов сейсмическая разведка, т. е. разведка земных недр с помощью искусственно возбуждаемых упругих колебаний, проводилась исключительно на продольных волнах. Из теории упругости известно, что в твердых телах могут распространяться волны двух типов: продольные — со смещениями частиц «вдоль» и поперечные — со смещениями частиц «поперек» направления распространения. Продольные волны легче возбуждать и проще интерпретировать, чем и объясняется их преимущественное использование, вплоть до настоящего времени. Н.Н. Пузырёв был первым в мире, начавшим систематические исследования поперечных волн, с целью их использования в производственных работах в дополнение к продольным волнам. Он считал, что сейсморазведка обязательно должна быть многоволновой.

На мою долю в развитии многоволновой сейсморазведки выпало исследование пространственной поляризации поперечных волн, оказавшейся одной из самых загадочных их характеристик. Раскрытие этой «загадки» определило судьбу и направление развития всего метода — в России и за рубежом.

Детективная история развивалась в течение 10—15 лет.

На вопрос, что должно наблюдаться в эксперименте, теория распространения сейсмических волн давала ясный ответ. Если среду — осадочные породы — можно представить как горизонтально-слоистую с достаточно толстыми (по сравнению с длиной волны) слоями, то распространение поперечных волн следует законам для изотропной среды и поляризация поперечных волн определяется типом источника, т. е.

направлением вектора силы, возбуждающей в среде колебания. При X -возбуждении (в направлении профиля) имеем x - и z -компоненты смещения, а при Y -возбуждении — y -компоненты. При взрывах (с направленностью воздействия в глубь среды) в среде на границах между слоями образуются обменные продольно-поперечные волны, которые можно зарегистрировать x - и z -приемниками.

Если учесть, что толстые слои состоят из переслаивания тонких (такая среда анизотропна с осью симметрии, перпендикулярной напластованиям), то в отношении поляризации поперечных волн картина должна быть практически такой же, что в изотропной среде, а анизотропия должна проявляться главным образом как различие скоростей распространения двух различно поляризованных (x , y) поперечных волн. При распространении вертикально вниз (по оси симметрии z) скорости двух поперечных волн равны, а для наклонных лучей различны, наибольшее различие — в плоскости XU , перпендикулярной оси симметрии.

Именно такую картину, т. е. ту, которую ожидали, и наблюдали в первые годы проведения экспериментов, когда наблюдения проводили по схемам Xx , Yy . Каково же было удивление, когда, поставив приборы x , y , z , а не только x , z или только y , мы увидели, что независимо от типа воздействия (X или Y) мы регистрируем все три компоненты смещения: x , y , z . Кроме того, оказалось, что на вертикали скорости двух поперечных волн не равны. Первое время мы пытались объяснить наличие «побочных» компонент смещений геометрическими факторами: наклоном отражающих границ, дифракцией на параллельных, близко расположенных друг к другу сбросах и т. п. Однако, и расчеты, и эксперименты по регистрации отражений от границ с разными углами наклона, от нуля до 30° , показали, что поперечные волны регистрируются на двух горизонтальных компонентах («своей» и «побочной») независимо от направления силы в источнике.

Разгадка наблюдаемого явления была найдена только в начале 1980-х годов. Оказалось, что «портят» поляризацию поперечных волн микротрещины и трещины, преимущественно вертикальной ориентации, пронизывающие всю земную кору. В результате среда оказывается анизотропной не с вертикальной осью симметрии, а с горизонтальной, перпендикулярной плоскостям трещин (или средой более низкой системы симметрии, ромбической или моноклинной). Такая анизотропия была названа азимутальной. Стало понятно, почему в экспериментах скорости двух поперечных волн на вертикали были не равны друг другу: ведь вертикаль, ось z , не ось симметрии, а линия в плоскости,

перпендикулярной оси симметрии, т. е. в той плоскости, в которой различия скоростей двух поперечных волн максимальны.

Более пристальное изучение азимутально анизотропных сред привело к выводу, что азимутальная информация об анизотропии крайне полезна, так как помогает находить углеводороды, связанные с ориентированными трещинами. Отношение к поперечным волнам во всем мире изменилось: они стали «желанными» и «любимыми», несмотря на дополнительные затраты, связанные с их получением. Стали широко применяться обменные волны (продольные на пути от источника до отражающей границы и поперечные на обратном пути: от отражающей границы до приемника). В настоящее время обменные волны практически полностью вытеснили поперечные, устранив трудности с созданием достаточно мощных и «чистых» источников поперечных волн и затраты, связанные с их эксплуатацией.

Еще один тип симметрии пород, вернее дисимметрии, был мною обнаружен в начале 1990-х годов. Оказалось, что осадочные породы могут быть гиротропными — отклоняющими, по мере распространения, вектор смещения поперечной волны от первоначального направления. Все 1990-е ушли у меня на изучение этого ранее не известного свойства пород. Было создано новое направление — сейсмика гиротропных сред. Николай Никитович отнесся очень серьезно к найденному мной новому виду симметрии упругих свойств горных пород. Он одним из первых его признал и одобрил.

В 1987 году труд «Физико-геологические основы многоволновой сейсморазведки», т. е. цикл работ, выполненных в течение 1962—1985 гг. коллективом, возглавляемым Н.Н. Пузырёвым, был удостоен Государственной премии СССР в области науки и техники. В последующие годы мы, к сожалению, не смогли удержать лидирующие позиции в этой области. Российские геофизики, переместившиеся в начале 1990-х гг. на запад (в США и другие страны) сейчас в высшей степени успешно работают в зарубежных университетах и нефтяных компаниях, развивая дальше многоволновые исследования. И это все благодаря тому, что они получили здесь, в России.

Идет пятый год, как мы остались без Николая Никитовича. Несмотря на сегодняшние трудности в проведении исследований (недостаточность финансирования из бюджета, отток молодежи в бизнес и за границу и др.), мы стараемся делать все от нас зависящее, чтобы сохранять и развивать дальше многоволновое направление сейсмических исследований, детище Николая Никитовича.

НИКОЛАЙ НИКИТОВИЧ ПУЗЫРЁВ И ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО ЭТАПА РАЗВИТИЯ МНОГОВОЛНОВОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ



Начало развитию многоволновой сейсморазведки (МВС) в СССР было положено работами Н.Н. Пузырёва, который приступил к первым исследованиям поперечных и обменных волн в начале 50-х годов XX столетия. Несмотря на огромный прогресс, наблюдаемый за последние 20 лет в развитии самого информативного метода нефтяной геофизики — сейсморазведки, усложнение задач нефтяной геологии требует не останавливаться на достигнутом, а искать новые пути их решения. В сейсморазведке сегодня это относится к прогнозированию непосредственно вещественных характеристик среды (в

том числе характера флюида), изучению и прогнозу новых типов трещинных коллекторов и геодинамических характеристик разреза.

В общей постановке суть новых требований к сейсморазведке состоит в переходе к флюидогеодинамическим моделям нефтяных залежей. Решение таких задач требует более полного и глубокого знания упругих и других физических характеристик среды. Эти данные можно получить, изучая полное волновое поле, что означает внедрение многоволнового просвечивания среды, т. е. использование, наряду с продольными, поперечных и обменных волн. В 1960—1980-е гг. СССР был лидером исследований в этом направлении, названном нами многоволновой сейсморазведкой.

Технологический уровень сегодняшней сейсморазведки открывает новые возможности в реализации МВС. Это, прежде всего, полное переоснащение сейсмических партий современными телеметрическими системами регистрации. Здесь важную роль играют два фактора. Во-первых, практически неограниченное число каналов при регистрации, так необходимое при трехкомпонентной регистрации полного поля. Во-вторых, расширенный динамический диапазон современных регистраторов, позволяющий работать при большом изменении отноше-

ний сигнал/помеха с последующим выделением полезных составляющих из полного волнового поля. Использование при обработке и интерпретации суперкомпьютеров, оперирующих с гигантскими объемами информации, существенно ослабляет ограничения на использование новых алгоритмов прогноза вещественного состава, напряженного состояния, анизотропных свойств среды и др.

Наличие новых технических возможностей позволило ведущим геофизическим фирмам сформулировать и начать реализацию новой технологии многокомпонентной сейсморазведки, позиционируемой как технология будущего. Данный подход, не имеющий альтернативы в теоретическом плане, широко представлен практически на всех международных научных конференциях, симпозиумах и выставках последних лет, как нефтяных, так и специализированных геофизических. По техническим средствам четко обозначился переход от патентных заявок к их технической реализации:

- в области возбуждения волн — разработка и маркетинг универсальных вибраторов, способных генерировать как продольные, так и поперечные волны;
- в области регистрации — переход на цифровые многокомпонентные сейсмоприемники, опробование многоканальной (до 30000 каналов) регистрации при работах 3D—3C;
- при обработке и интерпретации — использование анизотропных моделей.

Работы по развитию МВС, начатые в СССР в 1950-е гг., выполнялись в течение сорока лет системно и широкомасштабно крупными коллективами высококвалифицированных специалистов с учетом разнообразных особенностей геологического строения районов. Среди научных организаций нужно отметить прежде всего ВНИИгеофизику, Институт геологии и геофизики СО АН СССР, Ленинградское отделение Математического института АН СССР, среди производственных организаций — тресты «Спецгеофизика», «Татнефтегеофизика», «Башнефтегеофизика», «Иркутскгеофизика», а с начала 1970-х гг. — «Сибнефтегеофизика»; а в 1980—1990 гг. — «Краснодарнефтегеофизика», «Волгограднефтегеофизика», «Енисейгеофизика».

Системность обеспечивалась тем, что параллельно изучались характеристики волн различных типов и классов как на поверхности земли, так и во внутренних точках среды.

Для различных моделей были исследованы процессы распространения волн разных типов (P , SV , SH , PS), а также коэффициенты отражения, процессы поглощения, анизотропные свойства среды, зависимость скоростных характеристик среды от геологических. Для

абсолютного большинства реальных геологических разрезов показано преобладание по интенсивности обменных волн, образующихся при отражении, над другими типами многочисленного семейства обменных волн. Это является серьезной основой успешного применения метода обменных *PS*-волн. (При работах на акваториях, проводимых в настоящее время, важную роль играют также волны с актами обмена на морском дне.)

Доказано, что поперечные *SH*-волны характеризуются большей простотой волновых картин по сравнению с другими типами волн. Поэтому основные усилия как в теоретических, так и в экспериментальных исследованиях были направлены на развитие технико-методических основ методов поперечных *SH*- и обменных *PSV*-волн.

В части возбуждения исследованы и систематизированы разнообразные источники сдвиговых волн. В качестве наиболее технологичных выбраны вибрационный и среди взрывных — линейный на базе линий детонирующего шнура (*ЛДШ*).

В части регистрации исследовались и параллельно развивались две системы: классическая ортогональная трехкомпонентная (*x, y, z*) и азимутальная (Е.И. Гальперин), каждая из которых имеет свои достоинства и недостатки.

Разработаны методики и технологии скважинных наблюдений и изучения верхней части разреза (*ВЧР*).

По комплексу скважинных и наземных наблюдений доказано, что опорные отражающие границы являются таковыми для всех типов волн. В то же время для большинства районов отмечается изменчивость скоростных характеристик разреза: по вертикали наблюдаются гораздо большие градиенты (особенно в верхней части разреза) скоростей поперечных волн по сравнению с продольными. Это определяет специфику скоростного анализа и способы увязки структурных построений, выполняемых с помощью волн разных типов.

В части обработки и интерпретации оптимизированы процессы селекции поперечных волн по поляризации в источнике и по частотному составу колебаний в приемнике; исследованы особенности годографов обменных волн и разработаны алгоритмы их суммирования по фиксированным точкам обмена (*ОФТ*), разработаны алгоритмы отождествления временных разрезов волн разных типов, систематизированы информативные моно- и комплекс-параметры *МВС*, обоснованы оптимальные способы комплексирования волн разных типов и направления эффективного применения *МВС*.

При изучении анизотропии среды выявлены основные геологические факторы, приводящие к тому или иному типу симметрии упругих

свойств. Главный результат состоит в том, что обнаружена азимутальная анизотропия и сделан вывод об ее определяющем влиянии на скорость и поляризацию двух типов (S_1 , S_2) поперечных волн. Найден способ поляризационного разделения интерференционного поля двух поперечных волн на «быструю» и «медленную» волны S_1 и S_2 , каждая из которых обладает своей поляризацией, зависящей от азимута оси (или осей) симметрии. Этот алгоритм успешно прошел проверку на экспериментальных данных МОГТ и ВСП и позволил получить новые геологические результаты.

При производственном опробовании в разных регионах в широком диапазоне сейсмогеологических условий отработано более 2 тыс. пог. км профилей МОГТ. Получены убедительные примеры эффективности МВС при решении различных геологических задач, таких как: разведка пологих структур и малоразмерных рифов (Русская платформа); прогноз нефтегазоносности по интервальным комплекс-параметрам (Западная Сибирь, Мангышлак); распознавание аномалий типа «яркое пятно», связанных с нефтегазоносными объектами (Прикаспийская впадина, Предкавказье, Западная Сибирь); выявление интервалов анизотропии в разрезе по аномалиям поляризации сдвиговых волн (Прикаспийская впадина, Западная и Восточная Сибирь).

За рубежом поперечные и обменные волны стали применять значительно позднее, чем в России. После первых работ 1950-х гг. наступил период затишья, длившийся до 1970-х гг. В 1970-е гг. после российских работ 1960-х — начала 1970-х исследования поперечных волн были начаты в США, но выполнялись эпизодически и в небольшом объеме. Это связывалось с большим разочарованием в SS-волнах, вызванным плохим качеством сейсмограмм с записями поперечных волн по сравнению с продольными. В первой половине 1980-х г. стало ясно, что плохое качество записей и нестабильность прослеживания поперечных волн связаны с регистрацией суммы волн S_1 и S_2 , интерферирующих с временными сдвигами. Это происходит, если направления приема непараллельны направлениям смещений в волнах S_1 и S_2 , зависящим от свойств симметрии среды. Возникло предположение о существовании азимутальной анизотропии в слоях, через которые распространяются поперечные волны.

Фирмой «Амоко» выполнены эксперименты с азимутальной регистрацией поперечных волн на профилях с азимутами 0, 30°, ..., 150°. При этом направления возбуждения и приема были параллельны. Работы выполнялись на 18 участках, в том числе на 11, где ранее были

выполнены наблюдения *SH*-волн фирмой «Коноко» и получены сейсмограммы плохого качества. На всех площадях, кроме одной, была обнаружена азимутальная анизотропия. В этом случае изменение скорости на 3 % вызывает изменение времени отражения на 0,12 с при $t_0 = 4,2$ с. Результатом всех выполненных исследований был вывод о необходимости коррекции данных с учетом азимутальной анизотропии. Была разработана специальная технология поляризационной обработки отраженных поперечных волн, позволяющая разделять интерферирующие поперечные волны на «чистые» волны двух типов: S_1 и S_2 , или «быструю» и «медленную».

В 1986 г. на 56 ежегодном собрании SEG был представлен ряд сенсационных докладов об азимутальной анизотропии и ее влиянии на поперечные волны. В докладе Alford о поляризационном разделении поперечных отраженных волн показаны результаты его применения. Алгоритм разделения поперечных волн двух типов был представлен Naville. В последующие годы алгоритмы разделения волнового поля поперечных волн на волны S_1 и S_2 получили свое дальнейшее развитие и в настоящее время стали главным инструментом обработки записей поперечных волн.

С конца 1980-х гг. произошел постепенный отход от использования чисто поперечных волн. Вместо поперечных волн стали применять обменные волны типа *PS* в сочетании с продольными *PP*. На наш взгляд, это произошло по следующим причинам. Возбуждение поперечных волн специальными источниками приводит к существенному удорожанию работ. Кроме того, наличие азимутальной анизотропии сводит на нет возможность распространения в среде и регистрации приемниками волн с заданной поляризацией, т. е. с той, которая была в источнике. На границах волна *S* расщепляется на две с разными скоростями и поляризациями, последние снова расщепляются на две и т. д. У обменной волны таких расщеплений в 2 раза (или более чем в 2 раза) меньше.

У отраженных *PS*-волн отрезки луча, проходимые как *S*, ближе к вертикали, чем у волны *SS*, проходящей в ту же точку. Поэтому определяемые параметры более локальны, чем в случае волн *SS*, что позволяет получать более детальные разрезы.

Есть еще одно соображение о причинах отказа от волн *SS* в пользу волн *PS*. Из обработки по методике AVO продольных отраженных волн *PP* можно извлечь информацию о скоростях поперечных волн (не только продольных). Это следует из того, что если в уравнении для амплитуды *PP*-волны $A_{pp}(\sin^2 i) = A_0 + B \sin^2 i$ зависит от перепада pV_p на отражающей границе, то коэффициент B зависит от перепада pV_s , что и дает возможность определять скачок скоростей V_s на границе.

У обменных PS -волн, по сравнению с монотипными поперечными, есть один заметный недостаток: их обработка и интерпретация сложнее ввиду несимметричности лучевой схемы. Однако эта трудность не принципиальна.

Основным типом моделей, используемых в настоящее время в МВС, являются горизонтальные однородные среды с толстыми слоями: изотропными и анизотропными (полярно или азимутально). Преобладающими являются анизотропные модели, поскольку они позволяют в большинстве случаев получить достаточно точные временные и глубинные разрезы и кубы, карты по разным горизонтам и параметрам и т. п. Основные типы применяемых волн — продольные (PP) и обменные (PS).

В иностранной геофизической литературе широко обсуждаются вопросы теории и технологии многоволновых исследований. Отмечается, что уже не редкостью стало проведение трехмерной сейсморазведки (3D) на суше и на море с регистрацией волновых полей трехкомпонентными (3C) приемниками (на море донными установками 4C, включающими гидрофоны). Практикуются также съемки 4D—3C, где 4D, включающие повторные наблюдения (мониторинг).

Главным итогом работ по МВС являются временные и глубинные разрезы по волнам PP и PS , построенные с использованием анизотропных моделей, а также данные о физических характеристиках среды. Из них наиболее важной является информация о трещинах и поровом пространстве, полученная путем интерпретации параметров анизотропии. Первый вид результатов в зарубежной литературе носит название *imaging* (изображение или структурные построения), а второй — *physical characterization* (получение физических характеристик).

Оценка интервальных анизотропных параметров и нахождение формы отражающих границ (*imaging*) выполняются гораздо точнее при совместной инверсии данных двух типов волн: PP и PS , чем только по волнам PP . К настоящему времени предложен ряд эффективных алгоритмов решения этой задачи.

Применению отраженных волн PP и PS для решения задачи *physical characterization* посвящен ряд работ. Например, решается задача обнаружения трещинного резервуара по данным PP - и PS -волн, полученным при морских работах 4C (кабель находится на дне моря). Показано, что по PP -волнам задача решается при двух взаимно-ортогональных профилях (1, 2) с добавлением еще такой же пары (3, 4), повернутой относительно первой. При использовании волн PS линии приема короче и, в принципе, достаточно одной линии, но при наличии двух можно

применить вращение по Alford. Расщепление S -волны на быструю и медленную позволяет определить не только направление простирания плоскостей трещин, но и их плотность.

Получили развитие методы AVO, использующие коэффициенты отражения волн PP и PS при поисках углеводородов и решении других задач. Повышение интереса геофизиков-разведчиков к применению волн PP и PS для поиска углеводородов и мониторинга при их добыче — характерная черта современной зарубежной сейсморазведки.

В отечественных работах отмечается постоянный и устойчивый интерес к многокомпонентному ВСП. Здесь можно констатировать, что мы по-прежнему остаемся лидерами в разработке технических средств и методики наблюдений, обработке данных и полученных геологических результатах. При интерпретации данных МОГТ начинают применяться методы многоволнового AVO.

В последние три-четыре года вновь начались профильные работы в Западной и Восточной Сибири, на Русской платформе. Как и в зарубежных аналогах, они выполняются с ориентацией на использование продольных и обменных волн.

Однако богатый опыт предыдущих исследований не всегда учитывается должным образом. Если отсутствие в статьях ссылок на ранее опубликованные работы является вопросом научной этики, то повторение ранее пройденных уроков по обоснованию методик полевых наблюдений и обработки данных — это уже неоправданные экономические потери, а иногда и существенное снижение качества получаемых данных. Последнее является наиболее опасной из обозначившихся тенденций.

Безусловно, исследования по МВС будут расширяться, и с учетом опыта прошлых работ можно рекомендовать следующее их эволюционное развитие (исходя из принципа «лучше меньше, да лучше»):

при скважинных наблюдениях — полный переход на многоволновое ВСП;

при обработке и интерпретации 3D-данных на P -волнах — обязательное использование программ азимутального скоростного анализа;

при проведении 3D-сейсморазведки на продольных волнах — планировать отработку параметрических профилей на поперечных или обменных волнах, при этом работы в Западной Сибири необходимо ставить с тщательным учетом поверхностных сейсмогеологических условий, а при летних работах в других районах использовать МВС в классическом варианте с плужным (АДШ) источником SH -волн и с вибраторами;

при региональных работах — использовать регистрацию полного волнового поля с соответствующей оптимизацией технологии работ; при морских работах — планировать широкое опробование комплекса P - и SV -волн на основе эффекта двойного обмена на дне водоема, а также с использованием донных регистраторов.

Николай Никитович Пузырёв — мой главный учитель, в тесном общении с которым мне посчастливилось проработать более 30 лет. Признанный патриарх отечественной геофизики, академик, Лауреат государственных премий СССР и РФ, престижных премий Академии наук имени О.Ю. Шмидта и Б.Б. Голицына. Он обладал феноменальной памятью и трудолюбием, большим упорством и системностью в решении больших и малых проблем. Будучи чрезвычайно требовательным к своим сотрудникам и ученикам (так же, как к себе), он оставался очень демократичным и доброжелательным в общении, участливым и заботливым к друзьям и знакомым. Жизнь поставила его в условия, когда нужно было быть очень мужественным человеком в преодолении своих недугов. Последние 10 лет своей жизни он плохо видел. Плюс изнурительные боли в суставах. Но он продолжал упорно трудиться и сумел написать целый ряд статей и книг, в числе которых монография «Методы и объекты сейсмических исследований. Введение в общую сейсмологию», удостоенная в 1999 г. Государственной премии РФ. Моральным гарантом созданной им системы взаимоотношений, основанной на высоком творческом накале и требовательности, но в то же время товариществе и порядочности, он оставался до конца своих дней.

Когда я пишу, что всем лучшим во мне я обязан Николаю Никитичу, то это правда. По его инициативе Миннефтепромом была организована Сибирская геофизическая экспедиция (прародительница ныне известного предприятия ОАО «Сибнефтегеофизика»), ставшая моей судьбой. В коллективе его соратников я стал лауреатом Государственной премии СССР. Только благодаря его настойчивым советам я защитил докторскую диссертацию. Последнее имело длительную и, как мне кажется, характерную для наших отношений историю. Когда я в 1987 г. решил выходить на защиту и выступил с докладом в институте, Николай Никитович категорически воспротивился представлению диссертации в виде научного доклада по совокупности работ. Я, было, взялся за написание обобщающего трактата, но время было смутное, требовалось постоянно и оперативно реагировать на неблагоприятные ситуации по работе, и я решил махнуть рукой на это дело. По прошествии многих лет уже во второй половине 1990-х годов Николай Никитович стал на-

стойчиво советовать мне защититься. На мои доводы, что время ушло и никаких амбиций у меня уже не осталось, он заявил: «Ну что Вам стоит подготовить работу в виде научного доклада по совокупности опубликованных работ». Я заявил, что готов это сделать ради того, чтобы доставить ему приятное. На том и порешили.

Я рад, что в трудные для него последние годы наши отношения стали совсем близкими. Ему нужно было общение, и мы почти каждый день перезванивались, достаточно часто встречались. Я принял самое активное участие в подготовке и проведении научной конференции, посвященной его 90-летию. Но продолжаю жить с чувством, что мой сыновний долг перед этим человеком остался не до конца оплаченным.

ПРОБЛЕМА ВОЗБУЖДЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

Приступая к формированию коллектива геофизиков, Н.Н. Пузырёв исходил из интеллектуально-географического принципа: теоретиков брать из Ленинградского университета, а инженеров и методистов — из московских вузов. К этому были веские основания. Школа Г.И. Петрашеня была в расцвете сил, и ее потенциальные возможности казались почти неограниченными. Особенно большое значение для практики сейсморазведки имела дипломная работа студентов ЛГУ Шемякина (впоследствии академика) и Файншмидта, которая была посвящена касательному удару в полупространство. И хотя подобная задача была формально решена еще до войны (Шерстобитовой) методом Смирнова—Соболева, возможности аналитического исследования волновых полей с помощью метода неполного разделения переменных возросли многократно. Оказалось, что в определенных сечениях полупространства структура волнового поля, возбужденного касательной силой, является невероятно простым. Именно, в сечениях, параллельных профилю наблюдений, полностью отсутствуют продольные волны, а поперечные представлены лишь волнами типа SH , которые не порождают других волн, кроме самих себя, в актах отражения-преломления. До того никому не приходило в голову класть горизонтальные приборы поперек профиля наблюдений. Воодушевленный этими теоретическими результатами, Е.И. Шемякин во главе небольшого отряда студентов и аспирантов ЛГУ провел экспериментальные работы под Ленинградом, где основные теоретические результаты были блестяще подтверждены. Касательный удар осуществлялся с помощью маломощного копра, а, кроме того, Е.И. Шемякин использовал консольную балку как вращательный источник поперечных волн, правда, с меньшим успехом. И все же, все же, все же... Как ни странно, молодым теоретикам, внезапно ставшим экспериментаторами, даже не приходило в голову проверить очень простой факт обращения знака поперечной волны



при обращении знака воздействия, т.е. при ударе в противоположную сторону. Это казалось настолько самоочевидным, что и тратить усилия в этом отношении было как-то не интересно.

Вот на этом этапе в проблему вошел Н.Н. Пузырёв с его громадным опытом экспериментатора-сейсмика. Прекрасно понимая, что поперечные волны будут приходить гораздо позже, чем продольные, на фоне волн-помех самой различной природы, он правильно оценил огромную роль касательных воздействий в деле возбуждения поперечных волн. Именно поэтому он сразу же понял всю важность теоретического факта обращения фазы поперечных волн, прежде всего, для идентификации волн SH (т. е. волн с горизонтальной поляризацией) среди прочих, хотя бы и поперечных волн, но другой, не связанной с касательным источником, природы. Сейчас это кажется очевидным, но в те годы такое простое соображение опережало свое время. Надо сказать, что среди самих сейсморазведчиков тогда, да и сейчас, не было ясности в отношении полезности поперечных и обменных волн для целей сейсмической разведки. В этом отношении сейсморазведка сильно отставала от сейсмологии. Николай Никитович был убежден, что продольные и поперечные волны — это две руки геофизика и есть вещи, которые могут быть сделаны только двумя руками. Безусловно, исследования анизотропии просто невозможны без поперечных волн, и, кроме того, помимо более полного списка параметров среды, поперечные волны необходимы для расчета геодинамики геологических структур и гидродинамики флюидов в продуктивных пластах. Однако, эти последние соображения в то время еще даже не высказывались. Тем не менее, Н.Н. Пузырёв посвятил многоволновой сейсморазведке основную часть своей жизни, справедливо предвидя ее огромное значение для развития буквально всех разделов геофизики.

И здесь возник небольшой, даже как бы и не научный, а сугубо технический вопрос о возбуждении достаточно сильных поперечных волн. Попытки создания более мощных копров, которые транспортировались на специальных металлических полозьях, не могли решить проблемы возбуждения поперечных волн для разведки нефтегазовых месторождений. Во-первых, они были очень неуклюжи. При обращении знака воздействия требовались немалые усилия по повороту таких копров. Они также создавали препятствия и для точной фиксации момента удара, так как при сбрасывании ударника возникали колебания до его подлета к поверхности Земли. Необходимо было отказаться от таких технических мастодонтов и построить взрывной аналог касательного удара. Первые опыты по созданию взрывного аналога касательного удара были поставлены Николаем Никитови-

чем еще до приезда в Академгородок в Саратовском Поволжье. На вертикальных стенках траншеи с одной и другой стороны производились взрывы, которые должны были имитировать касательные удары в противоположных направлениях. Опыты показали, что поперечных волн на соответствующих временах было сколько угодно, но ни одна из этих волн не обращала фазу при изменении знака воздействия. Вот когда пригодился важнейший теоретический результат Н.Н. Пузырёва. Следует отдать ему должное: он правильно оценил результаты опытов как провал и ориентировал своих коллег и сотрудников на поиски иных вариантов создания взрывных источников типа касательного удара.

В беседах с автором этой заметки Н.Н. Пузырёв высказал очень важную мысль о том, что мы заботимся лишь о сжатии на рабочей части полости, а вот о разрежении на противоположной стенке даже не думаем. А теоретическая модель источника предполагала как сжатие впереди, так и разрежение сзади. Тут же раздались замечания о том, что принцип Сен-Венана позволяет об этом не заботиться. Именно подробности конструкции источника не имеют значения, важна лишь равнодействующая всех сил. Н.Н. как экспериментатор был с этим категорически не согласен.

Потом в результате дальнейших работ выяснилось, что принцип Сен-Венана не абсолютен в динамике, хотя в статике он абсолютно верен. Неожиданным образом техническая с виду проблема возбуждения волн оказалась связанной с принципом Сен-Венана. Очень глубокие замечания В.М. Бабича по этому поводу и открытая поддержка замечательным ученым и инженером Л.И. Слепяном, работавшим в то время в Институте гидродинамики, позволили развить основы теории возбуждения. Сомнения в отношении универсальности принципа Сен-Венана в динамике поддержал В.М. Кузнецов, один из ведущих ученых в области физики взрыва. Но все же главный вопрос был поставлен именно Николаем Никитовичем на основе тщательного изучения результатов опытов. Возражали очень многие серьезные ученые, в частности, Е.И. Шемякин, Г.И. Петрашень, В.С. Никифоровский.

Лишь зимой 1964 года (Н.Н. Пузырёв, К.А. Лебедев) на льду Обско-го моря в полостях, засыпанных снегом и колотым льдом, обращение фаз поперечной волны оказалось почти идеальным, как и для небольшого удара. Следует сказать, что открытые полости, не заполненные снегом и колотым льдом, обращения фаз также не давали. Как же так! Засыпая полость, мы уничтожаем асимметрию, ведь среда в пределе стремится быть однородной. Где же тут сама возможность ударов в противоположные стороны?

Оказалось, что идея, основанная целиком на решении важной упругой задачи, потребовала для своего технического воплощения совершенно новой физики.

В те годы как раз шла ломка некоторых идей в физике ударных волн. Долгие годы считалось, что ударные волны являются только волнами сжатия, ударных волн разрежения не существует. Но вот появились первые работы о том, что, помимо обычных с термодинамической точки зрения тел, где скорость звука растет с ростом давления, существуют еще и аномальные с термодинамической точки зрения тела, где все наоборот. И в таких телах не существует ударных волн сжатия, а существуют ударные волны разрежения. Что же это за аномальные тела? Да наши старые знакомые. Это вода с пузырьками газа, грунт, насыщенный воздухом. В таких поглотителях нелинейные процессы выполняются волнами Римана, скорость которых очень низка, и тем ниже, чем выше амплитуда волны. Таким образом, в траншее, заполненной рыхлым грунтом, движется волна Римана, и так долго, что процесс излучения поперечных волн успевает полностью закончиться. А вот воздух, вода (без пузырьков воздуха) являются телами нормальными, и это обстоятельство являлось причиной предшествующих неудач. После успеха на льду Обского моря опыты были перенесены на грунт, и траншея засыпалась рыхлым грунтом. Сочетание этих приемов с методом вычитания воздействий позволило считать задачу создания взрывного аналога касательного удара выполненной. Затем последовали иные варианты источников камуфлетных, плужных и некоторых других, где основная идея была той же самой. Впоследствии были созданы (И.С. Чичинин) горизонтальные вибраторы, которые также решали поставленную задачу, возвращая проблему снова к ее упругой праматери.

Взрывные источники поперечных волн позволили некоторые задачи решать не только эффективно, но и очень элегантно. В качестве примера можно привести головные волны SH и SV , которые возбуждались взрывными источниками, имитирующими касательные удары с различной ориентацией относительно профиля наблюдений. Разница скоростей тех и других поперечных волн (на 20 %) убедительно и предельно просто говорила о сильной анизотропии сенон-туронских отложений Прикаспия. Этот пример показывает, что превращение идеи в дело — далеко не всегда чисто техническая операция. Часто за этим скрывается совершенно новый пласт идей и исследований.

Положительную роль сыграло и то обстоятельство, что Н.Н. Пузырёв и Е.И. Шемякин оказались в Академгородке и даже некоторое время жили в одном доме. Автор этой заметки был представлен Ни-

колаем Никитовичем Е.И. Шемякину и некоторое время работал под руководством Е.И. Шемякина в Институте теоретической и прикладной механики над развитием физических основ сейсморазведки. В 1999 году в Германии профессор Хубрал как-то спросил автора этих строк, откуда у него профессиональные знания в области механики и физики взрыва. Я рассказал ему, что по прибытии в Академгородок Николай Никитович спросил, чем бы я хотел заниматься. Ответ был кратким: удар и взрыв. В этом случае, сказал Н.Н., я Вашим учителем быть не могу. Отдам-ка я Вас на выучку к Е.И. Шемякину. Работайте в его лаборатории и не торопитесь, придет время, мы с Вас спросим. А зарплату получать будете у меня. И полевые работы будете проходить под моим руководством. Хубрал был просто поражен. А Вы знаете, сказал он мне, что таких мудрых людей, как Ваш Пузырёв, в Европе уже нет. Мне было очень приятно передать Николаю Никитовичу это высказывание весьма уважаемого геофизика и ученого с большой общей европейской культурой.

РОЛЬ НИКОЛАЯ НИКИТОВИЧА ПУЗЫРЁВА В ИСТОРИИ СТАНОВЛЕНИЯ ВИКИЗ



Николай Никитович Пузырёв с большим вниманием относился к работам в области скважинной геофизики и, в частности, к электромагнитным методам исследования в нефтегазовых скважинах. При большой занятости он находил время для обсуждения состояния дел с работами над высокочастотными индукционными каротажными изопараметрическими зондированиями, начиная с первых результатов опробования ВИКИЗ в 80-е годы прошлого столетия. Его деятельное внимание к судьбе нового метода электромагнитокаротажа позволило автору без каких-либо проволочек принять

активное участие в продвижении этого метода, имевшего к тому времени прочное научное обоснование. Нужно было переходить от научно обоснования к решению технических проблем, разработке и производству опытных образцов. После совещания со специалистами Центральной геофизической экспедиции Миннефтепрома СССР, где были обсуждены несколько наших проектов по развитию скважинных методов электрометрии, мне пришлось обратиться к Н.Н. Пузырёву. Дело состояло в том, что в решении совета ЦГЭ рекомендовалось развитие аппаратуры ВИКИЗ поставить на последнее место. Это означало «положить на полку». Узнав об этом решении, Николай Никитович немедленно предложил встретиться с Николаем Андреевичем Савостьяновым (в то время возглавлявшим управление геофизических работ Миннефтепрома), чтобы обсудить создавшееся положение и решить вопрос об организации тематической партии в тресте «Сибнефтегеофизика» (ныне — это одна из крупнейших в России геофизическая организация). Поскольку Николай Андреевич уже был знаком с результатами ВИКИЗ, полученными в скважинах Татарии и Башкирии, то для него не было проблем с принятием положительного решения. В соответствии с ним была организована тематическая партия для разработки опытных образцов аппаратуры ВИКИЗ. Отмечу, что это было судьбоносное решение, позволившее собрать специалистов в области радио-

электроники, которые разработали методы измерений характеристик высокочастотных электромагнитных полей и передачи информации в цифровых кодах от скважинного прибора на поверхность. В те времена цифровая передача данных по кабелю только-только внедрялась в производственные работы.

Наступило новое время. Практический интерес сейсмической разведки к новому каротажному зондированию стал объективной реальностью. При подготовке к 90-летию Н.Н. Пузырёва мы ознакомили его с некоторыми результатами использования данных ВИКИЗ при анализе сейсмических 3-D наблюдений. Профильные сейсмические разрезы через скважины с данными ВИКИЗ были с интересом восприняты и одобрены нашим патриархом. Следует отметить, что наше участие в анализе совместных данных было инициировано М.И. Эповым после обращения к нему руководства ОАО «Сибнефтегеофизика» с просьбой разобраться в данных каротажа с «неизвестной» аббревиатурой, переданных из одной крупной нефтяной компании.

Вспоминая минувшее, мы благодарны Н.Н. Пузырёву за поддержку и интерес к нашим скромным начинаниям. Этим решением было заложено будущее для новой технологии исследования нефтегазовых скважин, которая уже с успехом внедрена в промышленных масштабах в Российской Федерации, в сопредельных государствах и за их рубежами благодаря энергии коллективов научно-производственного предприятия геофизической аппаратуры «Луч» и Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН имени академика А.А. Трофимука.

НИКОЛАЙ НИКИТОВИЧ ПУЗЫРЁВ И НАТУРНОЕ ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ



Рассматривая деятельность Николая Никитовича, приверженного в равной степени теоретическим изысканиям и эксперименту, нельзя не сказать о том, что научная работа, которой он занимался всегда и везде, характеризует его, как выдающегося физика. Особенно ярко талант физика-экспериментатора проявился в те, благословенные для нашей науки годы, когда профессия ученого считалась наиболее престижной, а конкурсы среди абитуриентов были несравненно большими, чем в нынешние времена. Каждый, кто получил высшее образование в конце 60-х — на-

чале 70-х годов прошлого века, хорошо помнит эту обстановку повсеместного уважения к людям, работавшим в научных учреждениях. Да, было чем гордиться. Разгадка тайны атомного ядра, первые спутники и первые космонавты планеты, постоянно действующий Северный морской путь благодаря постройке мощнейших в мире кораблей-ледоколов с атомной двигательной установкой на борту, освоение месторождений нефти и газа Западной Сибири и еще многое другое. Не осталась в стороне и геофизика. На этот период пришелся расцвет идеи Г.А. Гамбургцева, предложенной им еще в довоенные годы, о том, что необходимо использовать весь спектр упругих колебаний, образующихся в геологическом разрезе, — продольные, поперечные и обменные волны.

Для развития теории и экспериментальных исследований требовались математики и физики. По этой причине нас, группу физиков — выпускников НГУ, пригласили для исследовательской работы в этом направлении. Были разработаны основные идеи по возбуждению сдвиговых волн заданной поляризации взрывами. Их генерировал наш идейный наставник Н.Н. Пузырёв, можно сказать, истовый поклонник взрывных источников упругих волн. Во вступительной беседе с нами Николай Никитович сформулировал задачу повышения идентичности и устойчивости в работе взрывной каме-

ры скважинного снаряда, причем особо обратил внимание на обеспечение принципа фазовой инверсии поперечных волн. Идея была поразительно проста. Дело заключалось в следующем. Взрыв заряда ВВ создает в ближней зоне (очаге источника) симметричное распределение напряжений. Для направленного воздействия на породу необходимо ограничить область действия взрыва путем применения специальных массивных преград. На поверхности земли такие методы работали, что называется, «по науке», но при погружении в скважины, да еще на глубины до 50 м, происходило резкое снижение направленности взрывного воздействия, а следовательно, и эффективности возбуждения поперечных волн. Теперь, по прошествии стольких лет, мы хорошо знаем, что выделение поперечных колебаний представляет собой гораздо более трудную задачу по сравнению с продольными. Дело в том, что сдвиговые волны регистрируются на фоне слабо затухающих волн-помех, в том числе и с фазовой инверсией. Погружение источника на глубину более 30 м существенно снижает уровень помех, одновременно расширяя рабочий диапазон частот поперечных волн.



Выбор геологических условий на местности. Слева направо: шофёр автомобиля, нач. технического отдела треста «Узбекгеофизика» В.Я. Лapidус, Н.Н. Пузырёв и А.В. Тригубов определяют методику исследований на поперечных волнах месторождения полиметаллических руд. Алмалык. УЗССР. 1969 г.

Альбом ИГФ.

Задача, поставленная Николаем Никитовичем, оказалась интересной с научной точки зрения и относительно трудно разрешимой в инженерном смысле, поскольку базировалась на взаимоисключающих требованиях. Главное требование заключалось в существенном ограничении диаметра взрывной камеры в скважине, что приводило к снижению порога устойчивости и работоспособности. Над этой задачей бились целых два года. В результате проведения теоретико-экспериментальных исследований поведения цилиндрических толстостенных оболочек при деформировании взрывной нагрузкой нам удалось повысить ресурсы работоспособности в 10 раз. Эксперименты показали, что остаточная деформация металла линейно прирастает после каждого очередного подрыва заряда ВВ. Это было положено в основу формулы расчета числа взрывных воздействий, которые выдержит корпус взрывной камеры до своего полного разрушения. Для определения функциональной зависимости между безразмерными параметрами относительной деформации ξ и двумя отношениями радиуса заряда r_3 к радиусу взрывной камеры R_1 и толщине стенки камеры — δ был использован метод подобия и размерностей. В эксперименте было установлено, что она линейная и аналитически выглядела следующим образом:

$$k = \frac{\rho_{ВВ}}{4\sigma_{тл}} \cdot \frac{r_3}{R_1} \cdot \frac{r_3}{R_1 + \delta}.$$

Николай Никитович живо интересовался результатами работы и предложил сделать доклад на научной конференции молодых ученых института. Так появилась наша первая публикация. В дальнейшем нам удалось разработать новые модели взрывной камеры скважинного снаряда и пневматического прижима, используя эффект дросселирования газа при выдавливании его через отверстие малого диаметра из одного объема в другой.

Николай Никитович загорелся идеей создания нового варианта глубинного скважинного источника и направил нас на Опытный завод СО АН, где он был изготовлен в нескольких экземплярах в течение года. Испытания проходили на полигоне в Ключах, где взрывная камера, погруженная в скважину на глубину 25 м, выдержала 30 взрывов зарядами весом 50 г без каких-либо остаточных деформаций. За сравнительно короткий срок, примерно 2,5 года, было получено два авторских свидетельства на изобретения и опубликована статья в научном сборнике. Пожалуй, это завидный результат даже для того времени.

Вместе с тем, пришлось увеличить диаметр скважины со 150 до 250 мм, что, усложняло технологию наблюдений на профиле, и наш снаряд мог быть использован только в научных целях. В частности, такая конструкция скважинного источника поперечных волн была использована при изучении анизотропии альбских отложений на соляном куполе Доссор. Это предопределило получение уникальных результатов о существовании особого типа анизотропии в породах осадочного чехла и помогло выяснить положение в пространстве осей симметрии пород в их естественном залегании.

Следующим этапом в развитии физического моделирования была идея Николая Никитовича об использовании принципов планирования и реализации физического эксперимента в натуральных условиях. В своих статьях Николай Никитович неоднократно подчеркивал, что успех в изучении структурных особенностей и свойств пород геологического разреза лежит в понимании физических основ распространения упругих волн, которые заключены не столько в кинематических, сколько в динамических характеристиках сейсмических записей. Исходя из этих представлений, Николай Никитович поставил перед нашей группой (В.М. Куликов, Ю.А. Нефёдкин и автор этих строк) новую задачу — изучить особенности процесса возбуждения поперечных волн взрывами удлиненных зарядов в двух узких траншеях, разделенных барьером. Впоследствии такой источник получил название «барьерный». Исследования были поставлены на льду Новосибирского водохранилища, имитирующего двумерную модель сплошной среды. Результаты превзошли все ожидания. Были определены оптимальные условия излучения поперечной волны SH и сделан вывод о том, что они определяются упругими постоянными среды, формирующей зону очага взрывного источника. Здесь необходимо добавить, что Николай Никитович предвидел эти результаты эксперимента заранее и был удовлетворен, когда мы их докладывали на семинаре лаборатории. Обрабатывать и анализировать сейсмограммы, полученные таким способом, доставляло большое удовольствие.

Развитием этого нового по сути метода исследований было предложение Николая Никитовича искать такие условия залегания горных пород, при которых можно было применять физическое моделирование. При этом геологическое строение региона должно быть более или менее выдержанным, а структура верхней части разреза, включая почвенно-грунтовый слой, изменчивой. Оказалось, что подходящим районом для этих экспериментов является Прикаспийская впадина, где и были сосредоточены основные

исследования. Именно в этом геологически сложном районе были проведены основные исследования по многоволновому методу сейсморазведки.

Первой задачей было создание мощного источника монотипных поперечных волн, энергия которого была бы достаточна для регистрации отражений от глубинных границ. Решению этой проблемы уделялось много времени, в течение которого в самых разнообразных геологических условиях были опробованы практически все возможные способы возбуждения поперечных волн, в том числе и первые модификации «Вибролокатора». Основной упор был сделан на использование процессов детонации взрывчатых веществ. Исследования заняли довольно продолжительное время (более 10 лет), по истечении которых нами был разработан новый тип генератора упругих волн сдвига, получивший название «плужный вариант траншейного источника» (ПВТИ). Он основан на использовании особенностей в детонирующих шнурах различных модификаций.

Одновременно с этими исследованиями в лаборатории конструирования и моделирования под руководством С.М. Жданова шли разработки и изготовление оборудования для автоматизации процесса подготовки источника монотипных поперечных волн. В тот же период были разработаны и поступили в сейсмические партии Сибирской геофизической экспедиции укладчики линейных зарядов (плужный для талых и баровый для мерзлых грунтов). Разработчиками устройств были С.М. Жданов, А.Н. Арженков и В.В. Ложкин. Эти механизмы обеспечивали невиданную на то время высокую производительность при подготовке источников поперечных волн для профильных наблюдений. Это позволило перейти к практической

разработке методики общей глубинной точки на поперечных волнах (МОГТ).

Достигнутые успехи в решении задач возбуждения и регистрации поперечных волн выдвинули на первый план создание технологии многоволновой сейсморазведки (МВС).

Этот термин был предложен Николаем Ники-



*Полевой лагерь отряда «Физики поперечных волн».
Прикаспийская впадина, Казахстан. 1972 г.*



Открытие Всесоюзной конференции по многоволновым сейсмическим исследованиям. Вступительное слово председателя. За столом президиума слева направо: Э.Э. Фотиади, О.А. Кузнецов, Н.Н. Пузырёв, К.А. Лебедев, В.С. Сурков.

Новосибирск, Академгородок, 1985 г.

товичем в 1985 г., когда в институте проводилось первое Всесоюзное совещание по проблемам нового сейсмического метода. Технология проведения многоволновой сейсморазведки все еще отставала от возможностей сейсморазведки монотипными продольными волнами, и для дальнейшего увеличения уровня производительности необходимо было автоматизировать подготовку источников поперечных волн. Машина для укладки линейных зарядов взрывчатого вещества (МУЛЗ) обеспечила не только полную автоматизацию цикла подготовки источника, но и, что самое важное, сохранение идентичности параметров источника возбуждения независимо от свойств грунтов верхней части разреза. Она была выставлена на ВДНХ СССР в Москве и получила серебряную медаль.

Благодаря развитой физической интуиции Николай Никитович обладал даром предвидения результатов практически всех физических экспериментов, которые были поставлены в натуральных условиях. Для получения достоверных данных эксперименты повторялись многократно. При получении одинаковых или близких результатов Николай Никитович проводил обобщающие исследования, в которых выделял наиболее значимые и общие черты установленных закономерностей и прогнозировал их проявление в других геологических условиях.

Другим направлением разработки мощных источников поперечных волн были исследования влияния грунтовых условий на дина-

мические параметры упругих волн. Моделирование условий регистрации поперечных волн базировалось на известных к тому времени исследованиях сотрудников ИФЗ АН СССР и работах геофизиков Тюмени, изучавших резонансные свойства системы сейсмоприемник—почва. С самого начала Николаю Никитовичу, в отличие от нас, молодых и самоуверенных, было ясно, что поперечные волны должны быть более чувствительны к резонансным свойствам таких систем, особенно при обводнении приповерхностных слоев грунта. Мы долго не могли понять, почему это так важно, если сейсмоприемник выступает как хронометр, т. е. регистрирует только время подхода волны. Первые же сейсмограммы, полученные на профиле, пересекающем грунты разной водонасыщенности, убедили нас в справедливости и необходимости более углубленного изучения процесса взаимодействия датчика, почвы и упругой волны. В серии экспериментов были получены новые данные, которые свидетельствовали о том, что обводнение грунтов усложняет возбуждение сдвиговых колебаний, практически ликвидируя действие принципа фазовой инверсии поперечных волн в источнике. Более того, поляризация поперечных волн может измениться непредсказуемо, из-за проявления нового феномена, который Николай Никитович назвал «естественной направленностью грунтов».

Фактически мы стояли перед дилеммой — продолжать наши разработки, которые зашли слишком далеко, или подтвердить мнение многих геофизиков о несостоятельности поперечных волн как инструмента сейсморазведки. Победило первое из них, поскольку к этому времени нами же были получены сейсмограммы поперечных отраженных волн с тех глубин и той интенсивности, которые были характерны для монотипных продольных волн. Кроме того, снижение плотности зарядов на единицу объема, которое достигалось простым рассредоточением их по профилю на базе 50 м, привело к повышению отношения полезный сигнал/помеха и повсеместному соблюдению принципа фазовой инверсии. С этого момента, можно сказать, началось уверенное продвижение поперечных волн в производство благодаря неуклонному стремлению Сибирской геофизической экспедиции использовать их для повышения разрешающей способности сейсморазведки в целом. Были отработаны многочисленные профили в самых разных районах Прикаспийской впадины и получены результаты, которые определили преимущества комплексирования продольных и поперечных волн при решении задач нефтяной геологии и, в частности ПГР (прогнозирование геологического разреза). Были исследованы купола Ново-Бо-

гатинский, Матинский, Доссорский, Улькен-Тюбе и др. Нас стали приглашать мощные производственные геофизические тресты для проведения совместных работ по МВС. Районы исследований расширялись из года в год: Краснодарский и Ставропольский края, Волгоградская, Тюменская области, а также Казахская и Узбекская ССР. Вместе с тем, нас настойчиво приглашали на Север и в «родные пенаты», т. е. в Сибирь. Николай Никитович решился перенести результаты исследований, полученные в талых грунтах Прикаспийской впадины, на Западно-Сибирскую плиту с сезонно- и многолетнемерзлыми грунтами, а также и на Сибирскую платформу. Первые же опытные работы подтвердили его предвидение о том, что и в этих условиях сейсморазведка на поперечных волнах будет не менее эффективна, чем в Прикаспии.

Много времени уделял Николай Никитович и исследованиям разных физических явлений на искусственных моделях. Это было связано с разработкой методов моделирования для задач прогнозирования геологического разреза. Здесь речь шла о применимости сейсмических методов для решения следующих задач: исследования связей между динамическими параметрами отраженных волн и структурными особенностями границ; блочностью строения нефтяных и газовых коллекторов; влияния порового пространства и трещиноватости, а также напряженного состояния пород. В результате было предложено ввести новые прогнозные параметры, определяющие состояние геологических пород, таких как поляризация сейсмических волн, углеводородный фактор и коэффициент Пуассона. Основная роль здесь принадлежала теоретическим исследованиям, которые привели к разработке методов прогноза напряженного состояния и постановке задач подземной флюидодинамики.

В научном руководстве исследованиями как теоретического, так и экспериментального плана Николай Никитович опирался на доверительные отношения с научными сотрудниками. Как правило, он высказывал некоторые основополагающие предложения и поручал работу в этом направлении самым подготовленным, как он считал, ученым. При этом он никогда не вмешивался в процессы подготовки экспериментов, хотя определял условия их проведения. Это полное доверие и нацеленность на конечный результат несомненно окрыляла сотрудников, в том числе и меня. За этот период не только были получены впечатляющие результаты, необходимые для геологов-нефтяников, но и достигнуто продвижение в решении фундаментальных проблем физики твердого тела. В частности, была доказана необходимость разработки новых физических принципов

распространения упругих волн в микронеоднородных и гетерогенных средах в противовес континуальной гипотезе построения твердого вещества.

В заключение скажу, что современные методы сейсмических исследований, которые развиваются зарубежными геофизиками, были начаты много лет назад в нашей стране благодаря трудам выдающегося нашего соотечественника академика Николая Никитовича Пузырёва.

М.М. Мандельбаум

ДРУГ И УЧИТЕЛЬ

Для иркутских геофизиков Николай Никитович Пузырёв был другом и Учителем. Он пробуждал в каждом своем ученике и соратнике желание искать и находить.

Наше знакомство с Николаем Никитовичем состоялось в 60-е годы прошлого века при проведении совместных сейсмических работ на Байкале. С этого началось многолетнее и плодотворное сотрудничество иркутских и новосибирских геофизиков в исследовании районов Восточной Сибири методами сейсморазведки. В течение многих лет Николай Никитович был для нас близким человеком и наставником, нас связывала теплая человеческая дружба и общие научные интересы. Николай Никитович умел объединять вокруг себя людей различных специальностей, геологов, геофизиков, во имя достижения общей цели — открытия новых месторождений. Созданная им школа сейсморазведки и сегодня является ведущей в геофизических исследованиях нефтегазоносных районов Сибири. Заслуги Николая Никитовича в построении и развитии современных эффективных методов сейсморазведки получили всеобщее признание. Вклад академика Н.Н. Пузырёва в создание научного потенциала для поиска полезных ископаемых трудно переоценить: труды Николая Никитовича еще очень долго будут служить основой, определяющей направления исследований в теоретической и прикладной геофизике, а его талант, уникальный дар научного предвидения, преданность делу и работоспособность будут примером для многих будущих поколений исследователей.



ОБ ОТЦЕ



Писать о родителях всегда сложно, потому что родители — самое дорогое в душе человека, которого они выпустили в жизнь, постоянно наблюдая, по возможности оберегая и приходя на помощь в трудную минуту.

Нашу семью, наверное, можно назвать счастливой, хотя и ее не миновали жизненные потери и трагедии.

Родители отца — Никита Григорьевич и Прасковья Андриановна были самой заметной парой в деревне Яковлево, что недалеко от Елабуги. Деревня была большая — в двести домов. Вместе они прожили всего один год.

Началась германская, потом гражданская война, в которой Никита Григорьевич и погиб в 1919 году. На руках Прасковьи Андриановны, моей бабушки, остался малолетний сын — Коля, семья мужа и большое крестьянское хозяйство. Бабушка была лидером многочисленной семьи, сильной не только духовно, но и физически. Как вдову красноармейца комитет деревенской бедноты защищал ее и ее семью от революционных веяний. Хозяйство было крепким, семья работящей, во всем был порядок.

Свекор ожидал, что подрастающий внук Николай — это еще одни рабочие руки в хозяйстве. Но судьба распорядилась иначе. Школьные учителя отметили, что у Николая очень хорошая память и способности к учению. В деревенской женщине, нигде не учившейся, появилась уверенность, что ее сын должен учиться и получить образование. Это стало смыслом ее жизни. Ей удалось убедить свекра, что Николай не останется в деревне, что он поедет в город учиться. Она отправила его в Елабугу, а после окончания школы — в Гурьев, в нефтяной техникум.

Конечно, отец был одарен способностями, но только в сочетании с необычайным трудолюбием и целеустремленностью он сумел реализоваться в полной мере.

В военные годы родители постоянно работали в полевых партиях. Я жил с бабушкой в Гурьеве и виделся с ними очень редко.

После войны отец в тридцать два года стал в Гурьеве главным инженером. Работы было очень много, приходил домой очень поздно.

В компании ребят я много играл на улице, бегал купаться на Урал, ловил рыбу. Вдоволь набегавшись, приходил к матери — Марии Николаевне в интерпретаторскую, с интересом рассматривал сейсмограммы, с которыми она работала.

У отца было много друзей, которые по праздникам собирались у нас дома. Это была коммунальная квартира, где наша семья занимала две комнаты. Детей отправляли играть к соседям, а взрослые гуляли весело и шумно. Однако отца крепко выпившим я видел только один раз, когда они с С. Пальмовым пришли к нам домой с круглым пирогом и возмущались тем, что в магазине им не продали «вишневую сливянку», да еще ее специально спрятали. Практически все друзья отца были заядлыми охотниками. В пойме реки Урала было много дичи. Не охотились только Константин Александрович Дервиз и отец. Первый — из-за рафинированной интеллигентности представителя старинного дворянского рода, а для второго интересней была работа.

С моего раннего детства и до последних дней отца дома я его видел сидящим за столом и работающим.

Свойство доводить начатое дело до конца было его органичной чертой. Если он начинал читать книгу, то не было случая, чтобы он ее не дочитал до конца, хотя при этом говорил иногда, что книга ему не нравится. Он хотел понять автора и логику описываемых событий.

Отец был изумительно начитанным человеком и знал практически всю классику. Очень интересовался и хорошо знал архитектуру Москвы, Ленинграда, Золотого кольца. В его огромной библиотеке осталась большая подборка книг и альбомов по искусству и архитектуре. Он не только читал литературу о памятниках архитектуры, но с книгой и вырезками из журналов бродил по улицам этих городов, пропуская прочитанное через собственное восприятие. Осматривая множество церквей, он досконально изучил историю религии и не только православной. Однако в душе он не был верующим. Аналитический ум ученого не позволял принимать на веру церковные предания. Я думаю, он воспринимал религию как важный элемент культуры и истории народов. Мы много беседовали с ним на эти темы, особенно в последние его годы. Отец демонстрировал необычайную способность логического осмысления исторических явлений.

Вообще, выстраивая воспоминания об отце, понимаешь, сколько труда он вложил в развитие своего интеллекта. Философия, поэзия, классическая литература, история, архитектура — все это он изучал основательно, так как по-другому не мог. Формирование мощного

интеллекта позволило ему достичь больших успехов в геофизике — основном деле его жизни. Геофизике он отдал всего себя, его работа приносила ему радость. Не это ли величайшее счастье в жизни человека.

Общаясь постоянно по работе и в жизни с различными научными сотрудниками, я невольно сравнивал их с отцом и понимал, что большим ученым может стать только человек устремленный, каторжно-трудолюбивый, с высокоразвитым интеллектом. Это тяжелая доля — быть настоящим Ученым. Для работы нужно отдать всю свою душу, постоянно не только обогащая свой интеллект профессиональными знаниями, но и впитывая огромный объем знаний общечеловеческой культуры.

Теперь немного об отце домашнем, о человеке, а не об ученом. Он очень любил праздники. Дома всегда накрывался большой стол с изобилием закусок. Пеклись знаменитые и любимые всеми «лепешки с ягодами» — пироги с клубникой, вишней, сливами, залитыми взбитыми сливками. Это лучше всех делала мама. Бабушка пекла пироги с рыбой «по-гурьевски». У моей жены коронное блюдо — огромные, необычайно вкусные котлеты с брусникой вместо гарнира. Собиралось много гостей, все жили рядом. В основном это были геофизики.

Начало было шумным, веселым. Отец любил петь песни за столом. Его любимая песня была: «Было у тещеньки семеро зятьев...». Потом незаметно разговоры переходили на проблемы геофизики, на обсуждение рабочих моментов, пока кто-то из присутствующих «не геофизиков» не переводил застолье снова в праздничное русло.

Отец очень любил ездить на родину, в деревню Яковлево. Там еще были живы его родственники. И молоко там было «необыкновенное, с пенкой» и мед — «такого нигде нет».

Отец был очень отзывчивым человеком. С какими бы просьбами к нему ни обращались — он помогал, если это было в его силах.

У отца за несколько лет коллекционирования собралась большая коллекция значков (~ 8000 шт.) по архитектуре СССР. Он собрал огромную фонотеку. Здесь были и оперы, и театральные постановки с участием лучших мастеров сцены, и стихи в исполнении замечательных чтецов, и очень много песен. Особенно он любил слушать Анну Герман, русские народные песни, Русланову, малиновые звоны церковных колоколов.

Трудно перечислить все, что любил отец.

Он очень любил жизнь!

ОН ДОЛГО БЫЛ С НАМИ

Николай Никитович... Кем был он для меня? Моим начальником, руководителем в течение 12 лет, но и не только. Он был, хочется верить, и другом моим, и старшим товарищем, и добрым человеком в жизни моей. Помню, несколько лет тому назад на каком-то маленьком чаепитии, где была, конечно, и бутылочка вина, в лаборатории по случаю его дня рождения, я сказала, что Николай Никитович — это человек, который влияет на жизни других людей. Я сказала это по-английски, зная, что Н.Н. с удовольствием слушает речь на этом языке « You are the person of influence » — он и сам немного говорил и читал на английском, и он покивал головой. И это действительно так. Талантливый ученый, незаурядный человек с разносторонними интересами, личность волевая, решительная, энергичная, целеустремленная. Он был человеком, который сделал себя сам, достиг самой вершины в своей научной карьере, оставаясь при этом простым, доступным и добрым человеком. Я работала под его началом в Институте геофизики, потом, по семейным обстоятельствам, перешла работать в той же должности (переводчица с английского языка) в Институт археологии и этнографии, но наши контакты с Николаем Никитовичем и рабочие, и дружеские, не прекращались никогда.



Познакомились мы где-то в году 1961—1962. Меня привел к нему мой муж Александр Семенович Кефели, который поступил к Н.Н. Пузырёву в аспирантуру. Мы приехали из Приморья, где я выросла, закончила институт, вышла замуж, родила свою первую дочку Лену, и переезд в новосибирский Академгородок был огромным событием в моей жизни. Мы с Сашей Кефели попали в первую волну будущих жителей Академгородка, слетевшихся в еще строящийся сибирский научный центр из разных городов и мест Советского Союза. При первой встрече с Н.Н. Пузырёвым я, провинциалка, ужасно робела, он был для меня просто на недосыгаемой высоте. Хотя я не сказала и двух слов при первой встрече, все же Николай Никитович что-то

усмотрел во мне и взял к себе на работу — сначала секретарем, потом переводчицей. В самом начале мы сидели вдвоем в маленькой комнате, где у Н.Н. был большой стол, а мне отвели не меньшего размера находившийся там же секретер, за которым я почти тонула. Я все еще робела перед профессором Пузырёвым и помню смешной случай, когда мне нужно было выйти из комнаты, я боялась обратиться к нему и не придумала ничего лучшего как по-школьному поднять руку, и когда Н.Н. заметил меня, застывшую на стуле с поднятой рукой, он недовольно спросил: «Это что еще такое?» «Можно мне выйти, Николай Никитович?» — он фыркнул. «Да выходите себе на здоровье и не вздумайте меня больше об этом спрашивать!».

Конечно, со временем я освоилась и перестала «трепетать» перед своим шефом, тем более, что Николай Никитович никогда не напускал на себя начальственной важности. Довольно скоро мы с ним уже говорили на разные темы, я заходила к нему домой, иногда по делам, иногда просто так. Хорошо помню, как весело и бурно мы отмечали его пятидесятилетие в огромной столовой около Института гидродинамики. Были еще так молоды, жизнерадостны, веселым тостам не было конца — каждый старался блеснуть своим красноречием. «Ну, наш-то будет самым лучшим», — сказал Эрик Васильевич Никольский и артистично прочел стихотворение, написанное мной. Странно, но я помню его и сегодня.

*Дорогой Николай Никитович!
Незаметно годы летят.
Это здорово, это отлично —
Цифра круглая 50!*

*Пусть не молодость. Это — зрелость.
Самых смелых дерзаний пора.
Мы хотим, чтоб мечталось и пелось
Вам сегодня, как в юном «вчера».*

*Пусть летит при погоде отменной
Ваш корабль на всех парусах
По волнам поперечным, обменным
На сейсмических бурных морях!*

*И да здравствуют вечные поиски!
Нет покоя в науке вовек.
Счастья, мира, успехов творческих
Вам — Ученый и Человек.*

Получив огромное количество всяческих адресов по поводу своего юбилея, Николай Никитович пошутил: «Ну, чтивом я теперь обеспечен на несколько лет!» Думаю, что шутку эту он мог повторять еще много раз, но, наверно, не так беспечно, как тогда. А нам, которым было по 20 лет с маленьким хвостиком, и эта цифра казалось весьма значительной и такой еще далекой! Но пролетели два-три десятилетия, и вот Николай Никитович уже зовет нас в шутку «Девочки — бабушки». Меня, Бину Мишенькину, Таню Нефёдкину, Лиду Ложкину. Тех, кто так весело плясали на многих его юбилеях.

Первые два-три года я была секретарем, как я уже сказала, но Н.Н. больше интересовало мое знание английского применительно к геофизике. Ему было очень важно знать, что происходит в этой области за рубежом, как там развиваются сейсмические методы разведки. Я думаю, что широкий кругозор, умение сопоставлять и сравнивать — это черта настоящего ученого, и Н.Н. сохранил этот интерес до самого глубокого возраста. Несколько лет назад, когда Николай Никитович был уже в преклонных летах и у него были большие проблемы со зрением, он попросил меня сделать большой обзор по сейсмическим материалам из журналов “Geophysics” и “Seismic Prospecting”. К тому времени я уже давно работала в Институте археологии. С маленьким ребенком на руках мне удобнее было работать по свободному графику. Николай Никитович меня отпустил, вникнув в семейные обстоятельства, но помню, что при этом он сказал: «Все же подумайте еще. От добра добра не ищут!». Но, как уже было сказано, мы продолжали встречаться и иногда сотрудничали. Я сделала обзор по тем материалам, которые его интересовали (не самая увлекательная работа для переводчика!), и вручила Николаю Никитовичу довольно большую папку. Предполагалось, видимо, что его добрые помощницы Ксения и Светлана помогут ему разобраться в этих материалах, т. е. прочесть их. Спустя пару месяцев Н.Н. позвонил мне и спросил, сколько там страниц, поскольку речь зашла об оплате, а он всегда подходил ответственно к этому вопросу. Я не помнила, сколько страниц, и он предложил мне подойти и посмотреть самой. Я пришла, и тут выяснилось, что папка эта вообще неизвестно где и никто ничего о ней не знает. И сам Н.Н. был уже не уверен, что я ее ему отдала. «Ищите. Не можем же мы платить за работу, которую никто не видел» — сказал он устало. Чувствуя себя крайне неловко, я потратила почти полдня, перерыв все полки в его кабинете, забитые сотнями и сотнями книг, журналов, самых разных бумаг. И нашла эту самую папку, затерявшуюся среди прочих материалов. Показала Н.Н., подсчитали мы и страницы. Я уходила с грустным и тяжелым чувством, понимая, что он никогда не откроет эти матери-

алы, что пришло время, когда Николай Никитович совершенно не в силах работать так, как это было прежде, даже и с чьей-то помощью. Он сохранил живой и ясный ум, но физические недуги сильно ограничивали его возможности и желания.

Возвращаясь к тому давнему времени, когда я работала у Николая Никитовича, должна сказать, что мне с моим образованием учителя широкого профиля (русский язык, литература, английский язык) было довольно неуютно в мире неведомой мне геофизики. Со временем я освоила научную терминологию и более или менее легко переводила статьи и с русского на английский и с английского на русский, но у меня никогда не было понимания физической сути тех научных проблем, с которыми довелось столкнуться в работе. Николай Никитович иногда объяснял мне какие-то вопросы, по его совету я прочла и пару книг по геофизике на английском языке, но все равно это были крайне скудные познания. Пару раз Н.Н. Пузырёв рассказывал мне о том, как один из главных руководителей Института, геолог по образованию, спрашивал его на научных заседаниях: «Николай Никитович, эти ваши поперечные волны — это те, которые идут поперек продольных?». Н.Н. объяснял, но спустя какое-то время вопрос повторялся снова. Вот так примерно и я понимала сейсмоку. Тем не менее, надеюсь, что я была неплохой помощницей Николаю Никитовичу в течение более десятка лет. Вместе с ним я побывала на больших международных конференциях в разных городах Союза. В тогдашнем Ленинграде — это была самая первая поездка, я впервые увидела настоящих иностранцев и услышала живой английский язык. Позже, когда я приобрела уже некоторый опыт общения с иностранцами, были Москва, Иркутск, Ялта. В Москве произошел забавный случай. Николай Никитович устроил меня работать в доме Ирины Петровны Косминской, где была нужная мне пишущая машинка и где днем никого не было, кроме старенькой бабушки, матери хозяйки. Я должна была закончить перевод его статьи. Мы договорились, что, закончив, я принесу его в то здание, где проходила конференция и передам дежурному, чтобы тот положил в ящик для Н.Н. (у каждого участника конференции был свой ящик), что я и сделала. После чего со спокойной совестью отправилась гулять по Москве, а вечером, вернувшись в свой номер, позвонила Н.Н. Помню, что в тот вечер должен был состояться прощальный банкет, и я была настроена отдохнуть и повеселиться. Н.Н. берет трубку, и я слышу его гневный голос: «Вы еще живы?!»

Я подумала вначале, что он шутит, и ответила что-то в этом духе, но голос его продолжал греметь с нарастающей силой: «Где статья?»

Где ваш перевод? Вы что — забыли о том, что должны были сделать?! Прогуливались по Москве?». Я что-то бормотала, пытаюсь оправдаться, но Н.Н. меня не слушал. Он положил трубку. На банкет я пошла с другими участниками из Академгородка, и мне, конечно, было не до веселья, я рано ушла и единственное впечатление, оставшееся от этого мероприятия, было: очень много говорили о необходимости сотрудничества ученых всех стран и очень много съели русских блинов с икрой. А разгадка этому печальному факту была очень простой: мой перевод положили в ящик кому-то другому, и он благополучно нашелся только на следующий день.

Несколько раз на протяжении моей службы у Н.Н. Пузырёва мы пытались заниматься английским языком. Особенный энтузиазм напал на Н.Н., когда ему предстояла поездка за рубеж, и тогда буквально за месяц или за пару недель он пытался приобрести некий объем знаний. Иногда перед поездкой я составляла ему что-то вроде шпаргалки с самыми необходимыми стандартными фразами и выражениями, которые могли бы ему пригодиться. Но на систематические занятия английским языком времени у него никогда не было. Моя работа заключалась, в основном, в письменных переводах; иногда приходилось переводить и устно, если приезжали иностранные ученые, хотя в те времена это случалось не часто. Самым приятным и полезным было знакомство и общение с известным американским ученым геофизиком Эдвардом Уайтом и его женой Кортни. Это были очень симпатичные, простые и обаятельные люди, которые немедленно расположили к себе всех тех, с кем они встречались и работали. Николай Никитович и Эдвард Уайт очень плодотворно поработали вместе, поскольку их научные интересы и подходы к решению проблем во многом совпадали. Но мы не только работали. Много общались, гуляли по Академгородку, разговаривали на самые разные темы. Пузырёв и Уайт поддерживали потом рабочие и дружеские отношения в течение многих лет. Эдвард, в свою очередь, пригласил Николая Никитовича прочесть несколько лекций по сейсмике в Колорадском горном институте, где он работал. Результатом их сотрудничества явилось также издание книги Дж. Уайта «Возбуждение и распространение сейсмических волн» на русском языке. Сделать перевод книги Николай Никитович предложил мне. Я с удовольствием взялась за это дело, и довольно бойко перевела первую главу. Николай Никитович прочел и насторожился. Переводчиком я была к тому времени, может быть, и неплохим, но все равно чувствовалось отсутствие специальных знаний, необходимых для научно-технического перевода.



*Николай Никитович с выдающимся сейсмологом США профессором Уайтом обсуждают проблемы использования поперечных сейсмических волн.
Новосибирск. Академгородок, 1976 г.*

«Нужен все-таки специалист со знанием языка», — сказал он. «Давайте предложим Сергею Васильевичу быть редактором этой книги». — Так мы и сделали. Дальше я работала с Сергеем Гольдиным: я переводила, он читал и кое-что поправлял, какие-то вещи мне объяснял, добиваясь необходимой точности перевода. В результате, книга получилась. Самое приятное впечатление от работы над этой книгой осталось у меня от того, как я потратила свой гонорар, довольно внушительный по тем временам. На него я съездила в туристическую поездку в далекую и неведомую мне до той поры Индию. А завершением нашего долгого рабочего сотрудничества с Пузырёвым явилась его книга «Методы и объекты сейсмических исследований», изданная в 2004 г. в издательстве «Гео» Сибирского отделения. Поначалу мое участие не планировалось, начинала работать другая переводчица, но что-то там не получилось, и тогда Пузырёв обратился ко мне. Я долго отказывалась, но Николай Никитович умел уговаривать! Из 12 глав этой книги я перевела 8, и это был тяжкий труд! Приходилось снова ворошить в памяти благополучно забытую сейсмоку, обращаться с просьбами что-то разъяснить то к Ирине Оболенцевой, которая проделала огромную работу по редактированию книги и «приведению к общему знаменателю» текстов трех переводчиков, то к самому Н.Н., который изредка заглядывал в комнату, где меня устроили работать за компьютером. Но теперь я не жалею ни о потраченном времени, ни о своих усилиях. Я рада, что есть и моя маленькая капля труда в научном наследии Пузырёва.

Вспоминая Николая Никитовича в первые годы, я могу представить его, еще относительно молодого, в разных ситуациях, в разных местах, всегда энергичного, подвижного, быстро принимающего решения. Вот вижу его купающимся в реке где-то в Колыванском районе в жаркий день, когда он приехал в отряд Константина Алек-

«Нужен все-таки специалист со знанием языка», — сказал он. «Давайте предложим Сергею Васильевичу быть редактором этой книги». — Так мы и сделали. Дальше я работала с Сергеем Гольдиным: я переводила, он читал и кое-что поправлял, какие-то вещи мне объяснял, добиваясь необходимой точности перевода. В результате, книга получилась. Самое приятное впечатление от работы над этой книгой осталось у меня от того, как я потратила свой гонорар, довольно внушительный по тем временам. На него я съездила в туристическую поездку в далекую и неведомую мне до той поры Индию. А завершением нашего долгого рабочего сотрудничества с Пузырёвым явилась его книга «Методы и объекты сейсмических исследований», изданная в 2004 г. в издательстве «Гео» Сибирского отделения. Поначалу мое участие не планировалось, начинала работать другая переводчица, но что-то там не получилось, и тогда Пузырёв обратился ко мне. Я долго отказывалась, но Николай Никитович умел уговаривать! Из 12 глав этой книги я перевела 8, и это был тяжкий труд! Приходилось снова ворошить в памяти благополучно забытую сейсмоку, обращаться с просьбами что-то разъяснить то к Ирине Оболенцевой, которая проделала огромную работу по редактированию книги и «приведению к общему знаменателю» текстов трех переводчиков, то к самому Н.Н., который изредка заглядывал в комнату, где меня устроили работать за компьютером. Но теперь я не жалею ни о потраченном времени, ни о своих усилиях. Я рада, что есть и моя маленькая капля труда в научном наследии Пузырёва.

сандровича Лебедева. С ним была тогда и Мария Николаевна. Я запомнила, как он заботливо протягивал ей руку каждый раз, когда она выходила из воды. Вижу его вгрызающимся крепкими зубами в шашлык — это мы шумной группой присели где-то на улице у мангала во время поездки в Среднюю Азию. Он пошучивает над тем, что я даже шампур не умею держать в руках. Аскольд Всеволодович Тригубов поворачивает шампур так и эдак у своего рта, показывая, как надо с ним управляться. На самом деле, я просто не ем мяса, но мне не хочется об этом говорить, и нравится смотреть на сильных загорелых мужчин в пропотевших рубашках-ковбойках, потерявших под ташкентским солнцем академический лоск и поедающих шашлык с таким же азартом, как это делали, наверно, первобытные охотники у костра.

Вижу Н.Н. в маленьком гостиничном номере в Ялте, куда мы с Бинной Мишенькиной забежали вечером после заседаний. Он рад нашему приходу, угощает чаем и рассказывает нам смешные случаи и полевые истории. Вижу его стремительно шагающим по коридору Института геофизики — на ходу он останавливается поговорить то с одним, то с другим сотрудником, кого-то подбадривает, кого-то отчитывает. Вижу его за рабочим столом в кабинете, склонившимся над бумагами, впрочем, в одиночестве он там почти никогда не был, к нему шли и шли люди с самыми разными вопросами.

Да, Николай Никитович мог иногда и рассердиться и побушевать, когда сталкивался с необязательностью, ленью, равнодушным отношением людей к своей работе. В этом плане был требователен, мог быть и жестким. Думаю, что он, горячась, бывал иногда и несправедлив. Но гораздо чаще он проявлял и сердечность, и заботу, и доброту по отношению к своим сотрудникам. Он вникал в семейные дела многих из нас, знал наших детей, спрашивал об их делах, о здоровье наших родителей. Мою маму, Зою Николаевну, он видел только однажды, но меня очень трогало то, что он долго помнил ее имя, и даже совсем в глубокой старости (а мамы моей уже не было на свете) как-то спросил: «А как поживает ваша мама? Кажется, Зоя...».

Помню в Ташкенте, куда мы приехали большой группой по рабочим делам, после очень суетного дня ездили за город в отряд, где работали сотрудники нашего института и вернулись обратно, уставшие, запыхавшиеся, мечтавшие скорей добраться до душа, нас встретил известный специалист, геофизик Дмитрий Тальвирский и пригласил всех к себе домой на ужин. Николай Никитович решительно отказался, сославшись на усталость и на какие-то еще дела, и вместе с ним мы двинулись к ожидавшей нас машине, чтобы ехать в гостиницу. Уже

там я сказала ему: «Николай Никитович, вы только представьте себе, как огорчится жена Дмитрия: целый день она суетилась, наверно, ходила на рынок, чтобы купить для плова самое свежее мясо и овощи, готовила, накрывала на стол... Вот теперь она ждет, что такой знатный гость переступит порог дома, а вы отказались. Обидно, наверно, человеку! Можно было бы ненадолго поехать...». «Да?» — задумался Н.Н. «Знаете, вы, наверно, правы. Как-то в самом деле некрасиво получается». И он решительно повернул назад, а за ним гуськом и все мы, довольные что дело приняло такой оборот. И ужин прошел отлично, и хозяйка радовалась нашему приходу.

Или вот еще один такой забавный случай, где я, видимо, злоупотребила добрым расположением Н.Н. Однажды он пришел на работу в новом шерстяном кардигане, очень симпатичном, кажется, песочного цвета. Замечу тут, что Н.Н. заботился о своей внешности, имел хороший вкус, был очень аккуратен и всегда хорошо выглядел. Даже в домашней обстановке уже будучи совсем пожилым и немощным, он не позволял себе никаких тренировочных штанов с пузырями на коленях. Всегда чисто выбрит, тщательно причесан, в свежей рубашке. Придя на работу в новом костюме или пальто, в зависимости от сезона, он обязательно спрашивал нас, своих женщин, которые работали с ним: «Ну как вам моя обновка? Что-то, мне кажется, этот цвет не очень хорош для меня». (Обновки были из «докторского стола» разумеется, т. е. из спецмагазина. Это же было время пресловутого дефицита!). И мы хором его уверяли, что цвет — прямо то что надо. А в этот раз я посмотрела на новый кардиган и сказала: «Какие чудные пуговицы! Как бы мне хотелось иметь такие пуговицы!». Я, конечно, не сказала ему, что только что сшила себе сарафанчик из дешевого вельвета, и немедленно представила себе, как они будут там хорошо смотреться. Николай Никитович засмеялся, хотя и был слегка шокирован. — «Гм... ну я мог бы отдать вам эти пуговицы, но что я скажу своим домашним?». Не знаю, что сказал Н.Н. дома, но на следующий день он принес мне горсточку вождеденных пуговок в крохотном пакетике. Я была безумно рада, но судьба, увы! наказала меня за легкомыслие. Буквально через пару дней я улетала в отпуск в Приморье со своей маленькой дочкой, пуговицы пришить не успела, но положила их в том же пакетике к себе в сумочку. В Хабаровском аэропорту во время остановки мы с дочкой побродили по залу, и я подошла к газетному киоску, положила сумочку на край прилавка, чтобы вытащить деньги и рассчитаться за купленную газету. Пока рассчитывалась, сумочка исчезла. С пуговками, паспортом, деньгами, билетами... Всю дорогу до Владивостока я прорыдала.

Я не пытаюсь разбираться в научных достижениях Николая Никитовича, не пытаюсь нарисовать образ выдающегося ученого, каким он, конечно, был. Мой рассказ — это только некоторые штрихи, касающиеся его личности, его человеческих качеств. Я думаю, его жизнь, его судьба могли бы стать прекрасным материалом для большой художественной книги о судьбе мальчишки родом из крестьянской семьи, отец которого, боец Красной Армии, погиб в первые же годы гражданской войны, а мать, молоденькая вдова, осталась в семье своего свекра, где работала с раннего утра до позднего вечера в его большом хозяйстве. Не жалуясь и не ропща на судьбу, она старалась обслужить и накормить все семейство, и только однажды она возразила деду, когда тот сказал, что Коле, только что окончившему начальную школу в селе, пора начинать работать. — «Нет, сказала она тихо, но твердо, — Коля должен учиться дальше». И способного мальчика отправили в соседний город Елабугу. В чем-то он повторил путь Ломоносова: шел босиком, а новые башмаки берег, они лежали в рюкзаке за спиной. И не побоялся жить один на новом месте, снимая угол, и питаюсь скудно теми продуктами, которые передавали ему из родного дома.

Впереди была огромная жизнь, и, видимо, она была счастливой: все сложилось у него и любимая работа, которая была, конечно, самым главным в его жизни, и замечательная семья, и успешный путь на самый верх академической лестницы, и признание, и награды. И его многочисленные друзья, соратники, коллеги, ученики... Он гордился многими из них. Конечно, только труд, упорство и талант помогли ему стать тем, кем он стал. И потом — он был хорошим человеком. Ему не нужно было ставить такую цель перед собой — стать хорошим человеком. Он просто им был, органично, без философствования и рисовки. Многих нас поражала его начитанность, эрудиция, его глубокие знания истории России. Он мог часами рассказывать о разных исторических событиях, он прекрасно разбирался и в царских династиях, и в жизни современного общества. Любил поэзию, особенно близки были ему есенинские душевность, искренность, его звонкое трепетное поэтическое слово. Многие его стихи знал наизусть. Он знал даже какие-то факты из истории и литературы, известные только специалистам.

Здесь не могу не рассказать о том, как Николай Никитович поправил Геннадия Мартовича Прашкевича, известного русского писателя, который сам отличается необыкновенной широчайшей эрудицией. Тем не менее, он допустил какую-то незначительную неточность в описании родственников Тютчева (речь идет о книге Г.М. «Поэты России»), и Пузырёв эту неточность заметил! Вот вам и «технар»... Николай Никитович понимал и ценил юмор, любил шутку и сам умел пошутить.

К его разным датам и юбилеям мы устраивали капустники, и они радовали его гораздо больше, чем всякие официальные речи. Мы с удовольствием придумывали и разыгрывали маленькие спектакли, в которых в разное время принимали участие Юра и Таня Нефёдкины, Боря Мишенькин, Сергей Гольдин, Слава Куликов... Вот Юра играет на гитаре, Сергей на мандолине, а я и Таня Нефёдкина в пестрых платочках распеваем частушки в честь его очередной даты... Даже когда Н.Н. уже очень плохо слышал, он все-таки просил меня придумать что-нибудь забавное по тому или иному случаю. Так, в последний раз я написала сценарий, и мы сделали для него маленький спектакль на его 90-летнем юбилее.

Он хорошо разбирался и в архитектуре, в разных ее стилях, знал досконально специальные термины по этой части. Это было, видимо, связано с его интересом к истории разных городов: одно время он собирал значки, связанные именно с этой темой. Помню, мы с Сергеем Гольдиным привезли ему несколько значков из Праги, что-то он сразу отверг, но один значок оказался для него ценным, и он обрадовался, как ребенок. Помню одну случайную встречу ранним зимним утром. Я увидела его с Сергеем Васильевичем Крыловым: они собирались ехать на специальный рынок, где собирались коллекционеры со своим товаром, и это было далеко где-то в пригороде Новосибирска. Николай Никитович был в валенках и теплой шапке-ушанке, тесемочки от которой были плотно завязаны под подбородком. И такие походы они проделывали систематически!

Да, долгой была жизнь, плодотворной, яркой, богатой событиями. Но пришла старость, и с нею болезни и недуги. Год за годом он все больше терял зрение и слух, — именно то, что было так необходимо ему для работы, без которой он просто не мог жить. Он старался сохранить все тот же темп своей жизни, много читал — теперь только с помощью своих помощников — много думал о проблемах сейсмологии, о том, как их надо решать: он видел, что более молодые руководители Института ищут свои собственные пути, и не всегда их одобрял. Иногда он звонил мне и говорил об этих расхождениях, жаловался, что к нему не очень уже прислушиваются, что Гольдин (тогдашний руководитель Института геофизики) слишком много внимания уделяет математическим методам в геофизике и новым технологиям, а старая добрая практика — широкие региональные исследования — забывается. Впрочем, поворчав немного, он и сам заключал, что «новое время — новые песни». Несколько раз он говорил мне, что задумал большую работу в соавторстве с Михаилом Ивановичем Эповым; такая работа казалась ему важной и интересной: представители двух

разных поколений могли бы высказать параллельно свои взгляды на сегодняшнее состояние сейсмических методов разведки и на перспективы их развития. Увы, задумка осталась задумкой. И все-таки, как настоящий солдат, он оставался на своем рабочем посту до последнего дня. Мужества было ему не занимать.

Я вспоминаю наши последние встречи, от них и до сих пор остался осадок горечи и грусти. Он казался мне очень одиноким человеком. Откуда же было такое чувство? Ведь Николай Никитович никогда не был заброшен, у него оставалась замечательная заботливая семья — его сын Лев и невестка Алла, которые сделали все возможное, и даже больше для его полноценной жизни в таком возрасте. Росла и выросла Пузырёвская династия: внук Петр, правнук Вова. И были верные помощники и на работе, и в быту. Но чувство одиночества не покидало его: ушли из жизни многие его друзья, коллеги, соратники, родственники, среди них были и люди значительно его моложе. Каждая такая смерть глубоко его печалила. Умерла Мария Николаевна, преданная любящая жена, посвятившая ему всю свою жизнь.

«Маша была мне хорошей женой», — говорил он мне не раз после ее смерти. «Она меня понимала. Бывало скажет: “Коля, давай пойдем сегодня в кино!” А я ей отвечаю: “Нет, Маша, сегодня не могу. Мне поработать надо вечером”. “Ну ладно”, — вздыхала она, — “поработай, раз нужно”».

Ушел из жизни Сергей Васильевич Крылов, один из самых любимых его учеников и соратников. Николай Никитович говорил, что Сергей был дорог ему как сын. Умерли Ирина Петровна Косминская и Юрий Владимирович Ризниченко, старинные его друзья. Николай Никитович становился все ранимее, мягче, сентиментальнее. Он часто вспоминал детство, село, в котором жил ребенком, маму, деда... Как-то позвонил мне в весенний день, когда цвели яблони, и стал рассказывать про сад своей тети в родном селе, в котором он собирал яблоки, а тетя говорила ему: «Колюнька, ну еще набери, не ленись». И Николай Никитович заплакал, рассказывая, он видел этот зеленый сад, видел яблоки, попадавшие с дерева в густую зеленую траву, видел маленького себя... Или рассказывал об отце, тоже со слезами, он почти не помнил его, но в памяти все же осталось ощущение полета и сильных отцовских рук: отец — во время единственной короткой побывки подкидывал сына в воздух.

Мы нечасто встречались в последние годы его жизни, я подолгу жила в Америке, но когда приезжала домой, непременно заходила к Николаю Никитовичу. Или в его рабочий кабинет, или в его небольшую уютную квартиру с огромной библиотекой, либо в больничную

палату, где он время от времени находился на лечении. Мы говорили о разных вещах, о том как мне живется в чужой стране, на новом месте, ему был интересен мой американский муж, он много спрашивал о нем и, как обычно, о детях и внуках, просил прочесть ему мои новые стихи. И сам вспоминал, вспоминал, вспоминал... Но не только! У него все еще были планы, он думал о новых проектах, и был уверен, что еще успеет что-то сделать.

Хорошо помню одну из последних встреч. Я зашла к нему домой, он угостил меня чаем — это был обязательный ритуал! Мы немного почитали и решили погулять. Я помогла ему одеться и обуться, и очень медленно мы стали спускаться с лестницы: Николай Никитович давным-давно знал на ощупь все ступеньки, которые надо было одолеть. Мы вышли во двор, и пошли по лесной дорожке. Был чудесный зимний день, морозный, но не слишком, ярко светило солнышко, снег сверкал свежей чистой белизной. Николай Никитович ступал медленно и тяжело, ноги плохо его слушались, но настроение у него было очень хорошее.

«Господи! — воскликнул он, — какой замечательный день! Солнце светит, снег скрипит под ногами, а воздух какой! И рядом со мною идет молодая женщина... Что еще нужно для счастья?»

«Где же тут молодая женщина? — в шутку спросила я и стала оглядываться, хотя Николай Никитович не мог этого заметить. — Что-то я не вижу здесь такой...»

«Так! — решительно сказал Н.Н. — Тут есть и постарше. Так что не скрипеть! Не жаловаться! Жить и радоваться каждому дню!».

Таким и хочу его запомнить.

*Быть Рыцарем в науке. Проторить
Дорогу. А по ней пойдут другие.
И Женщину прекрасную любить
С библейским древним именем Мария.*

*И ратный путь пройти свой до конца,
В котором книга — щит, а меч — идея.
И никогда не уронить лица,
И молодой задор хранить, сидя.*

*А мы, что были молоды вчера,
И догоняем вас теперь летами,
Придем, обнимем. Скажете: Пора.
Пора прощаться. Я был долго с вами.*

Т.В. Нефёдкина

МОЙ УЧИТЕЛЬ

С Николаем Никитовичем Пузырёвым я познакомилась в 1961 году. Был тёплый солнечный июньский день. Мы сидели на лавочке во дворе дома у Покровских ворот в Москве, где находится институт «ВНИИгеофизика». Три студента — выпускники Московского нефтяного института им. И.М. Губкина — Мишенькины Борис и Сабина и я (Бабинок Татьяна) были приглашены Николаем Никитовичем для разговора о нашем возможном распределении на работу в Новосибирский академгородок. Нас рекомендовал Н.Н. Пузырёву наш первый учитель в сейсморазведке, заведующий кафедрой полевой геофизики МНИ профессор Лев Александрович Рябинкин, вошедший в историю отечественной геофизики как автор метода РНП (регулируемый направленный прием). Николай Никитович нарисовал нам заманчивую перспективу работы в молодом городе науки, и мы быстро согласились на его предложение.



Нам предстояло преодолеть немалое сопротивление комиссии по распределению молодых специалистов в Московском нефтяном институте, которая очень хотела оставить нас работать в Москве (мы были одними из первых в списке по распределению выпускников и имели московскую прописку). Тем не менее, наше горячее желание поехать в Академгородок и работать под руководством Н.Н. Пузырёва победило. И вот в сентябре 1961 г. мы с Борисом Мишенькиным приехали в Новосибирск (Сабина Мишенькина и мой муж Юрий Нефёдкин — выпускник кафедры промысловой геофизики МНИ того же года — подъехали немного позднее). С тех пор и до самой кончины Николая Никитовича в 2005 г. он оставался нашим учителем и непререкаемым авторитетом в сейсморазведке.

Примерно в это же время в лабораторию Н.Н. Пузырёва приехали другие молодые специалисты из Ленинграда и Москвы — Борис Сибиряков, Ирина Оболенцева, Андрей Боголюбский. Из Сибири и Дальнего Востока откликнулись на приглашение Николая Никитовича Сергей Гольдин и Александр Кефели, которые уже имели некоторый

производственный стаж и поступили к нему в аспирантуру. Впоследствии Николай Никитович назвал нас всех молодыми геофизиками первого «призыва».

В это же лето—осень 1961 г. Н.Н. Пузырёв отправил прибывших молодых специалистов в полевые отряды. Я попала в отряд рудной сейсморазведки, который базировался в Змеиногорском районе Рудного Алтая, в селе Никольском. Борис Мишенькин был отправлен в отряд Константина Александровича Лебедева, стоявший в Колыванском районе Новосибирской области. Здесь проводились первые опыты по возбуждению поперечных волн. Начальником алтайского отряда рудной сейсморазведки был Аскольд Всеволодович Тригубов, закончивший к этому времени аспирантуру в Московском нефтяном институте под руководством Льва Александровича Рябинкина. Так что с Аскольдом Всеволодовичем мы были знакомы еще по институту. В день приезда я сразу же попала «с корабля на бал» — на празднование 30-летия Эрика Васильевича Никольского. Здесь я и познакомилась со всеми сотрудниками полевого отряда, с которыми мне предстояло проработать вместе еще долгие, долгие годы. Здесь я танцевала свой первый вальс на сибирской земле с юным Борисом Сибиряковым и первое танго с уже довольно «солидным» Эриком Васильевичем.

Следует сказать, что рудная сейсморазведка была в некотором смысле нетрадиционным направлением геофизических исследований, поскольку для поиска рудных полезных ископаемых в горных районах с очень сложным геологическим строением обычно применялись гравии и электроразведка, а сейсмические исследования больше проводились в нефтяных районах. Но Н.Н. Пузырёв решил развивать хотя бы в небольших объемах исследования по рудной сейсморазведке, поскольку они были весьма актуальны для Сибири. Опытные работы велись методом отраженных волн в модификации РНП на месторождении Тушканиха. Я работала в камералке и занималась обработкой сейсмограмм и суммомент РНП. Борису Сибирякову — выпускнику АГУ, физику по образованию — было скучно заниматься обработкой полевых материалов и он тайно от начальства в рабочее время читал курс физики Ландау. Впоследствии Николай Никитович всячески приветствовал это его увлечение физикой. В зимний период, работая в институте, я продолжала обрабатывать суммоменты РНП и строить глубинные сейсмические разрезы. В те далекие времена разрезы строились вручную с помощью обобщенных диаграмм лучей и времен отражений. На разрезах РНП мы получали массу коротких площадок, ориентированных под разными углами. На первых порах мы не знали, как интерпретировать эти разрезы и в шутку называли их «муравьиным кладбищем».

Полевые работы в Змеиногорском районе продолжались и в следующем году. Николай Никитович приезжал к нам в отряд с инспекциями, смотрел полученный материал, давал ценные советы. По выходным дням мы часто ездили отдыхать и купаться на Саушинское озеро. Это большое и глубокое горное озеро с чистой водой, окруженное громадными скалами и валунами. Помню, однажды и Николай Никитович принимал участие в такой поездке. И как раз в это время произошел курьезный случай. Иван Петрович Михелев, сотрудник нашего отряда, бывший в те времена русским богатырем в расцвете сил, заплыл очень далеко от берега и потерялся из вида. Все очень разволновались, стали кричать и звать его. В конце концов все закончилось благополучно. Оказалось, что Иван Петрович переплыл на другую сторону озера и пришел в лагерь по берегу. Здесь уж Николай Никитович здорово отругал его за такие шутки.

На Алтае мы познакомились с коллегами из Ленинграда — сотрудниками ВИРГ. Они также проводили опытные работы по рудной сейсморазведке в Зырянском районе Рудного Алтая под руководством Назима Алигейдаровича Караева, с которым Николай Никитович на долгие годы сохранил очень теплые дружеские отношения. Я с большой теплотой вспоминаю также его сотрудников Юрия Гавриловича Шопина и его жену Ольгу Васильевну Мирошникову. Это были исключительно приветливые интеллигентные люди, коренные ленинградцы. В последующие годы они много работали в рудных районах Малого Кавказа и защитили кандидатские диссертации по рудной сейсморазведке, а Н.А. Караев — докторскую диссертацию. С ленинградскими коллегами мы вели долгие дискуссии о сложной природе волн в рудных районах, о невозможности проследивать протяженные оси синфазности, о принципах построения глубинных сейсмических разрезов, пересекающих гранитные интрузии и сложные метаморфические комплексы пород. В дальнейшем из этих дискуссий, углубленной интерпретации полученных полевых материалов и большого объема математического и физического моделирования родились представления о необходимости выделения наиболее устойчивых компонент волнового поля и групповой корреляции отражающих площадок на разрезах.

В 1967 г. я поступила в аспирантуру к Н.Н. Пузырёву. Он предложил мне заняться развитием методов интерпретации отраженных волн в градиентных средах с круто падающими границами. Выбор и постановка прямых и обратных задач в значительной мере были обусловлены потребностями рудной сейсморазведки. Николай Никитович очень строго следил за моей работой, назначал конкретные

сроки выполнения тех или иных заданий, смотрел результаты. Вместе мы намечали планы дальнейших исследований. Он сам очень много работал и не позволял молодым сотрудникам расслабиться ни на минуту. Помню такой случай. Я некоторое время работала дома, занимаясь выводом формул. В принципе, будучи аспиранткой, а не сотрудником лаборатории, я имела право на относительно свободный график посещения института. Но Николай Никитович вызвал меня к себе, отругал и потребовал ежедневного пребывания на работе. «Аспирантура Вам дана для повышения вашего научного уровня и кругозора, для получения существенных научных результатов, а не для отдыха», — сказал он. Сабина Мишенькина, занимавшаяся под руководством Н.Н. Пузырёва разработкой методов интерпретации рефрагированных волн, рассказывала мне, что так же требователен он был и к ней.

В то же время Николай Никитович активно помогал нам в работе. Как только мной были получены первые теоретические результаты, позволявшие определить параметры градиентной покрывающей среды по годографам отраженных волн, он договорился с Всеволодом Борисовичем Сологубом, возглавлявшим в то время сейсмический отдел Института геофизики Украины в Киеве, о проведении специально для меня небольшого объема опытных работ по опробованию нового метода интерпретации. И летом 1968 г. такие работы были проведены на Украине с моим участием в них. Мы работали в одной сейсмической партии вместе с дочерью Всеволода Борисовича Натальей Всеволодовной, поразившей меня своей начитанностью и утонченностью. Николай Никитович всячески способствовал также моему сотрудничеству с лабораторией сейсморазведки ВИРГ. По его просьбе с целью опробования разработанных мной алгоритма и компьютерной программы «Градиент», предназначенных для пространственной интерпретации данных отраженных волн при условии произвольного изменения скорости с глубиной, мне были предоставлены Н.А. Караевым материалы, полученные его лабораторией совместно с Алтайской геофизической экспедицией ВКГУ в Зырянском районе Рудного Алтая в 1963 г. Впоследствии результаты этой обработки вошли в мою кандидатскую диссертацию. Я до сих пор полна глубокой благодарности всем ленинградцам, помогавшим мне в работе, и в особенности Н.А. Караеву, Ю.Г. Шопину и О.В. Мирошниковой. Н.Н. Пузырёв долго и тщательно редактировал текст моей готовой диссертации, рекомендовал что-то пересчитать, несколько раз заставлял меня переписывать отдельные разделы и, наконец, когда уже недалеко было

до слез, выпустил меня на защиту. Защита состоялась в мае 1972 года, ВИРГ выступал в качестве ведущего предприятия.

Я нарочно так подробно описала процесс подготовки моей кандидатской диссертации, чтобы показать, каким требовательным и принципиальным был Николай Никитович в работе. Совсем другим человеком — мягким, доброжелательным, очень внимательным к людям — он становился в нерабочее время. Он знал по имени всех детей своих сотрудников, всегда интересовался их здоровьем и успехами. Николай Никитович косвенно принимал даже какое-то участие в рождении моей младшей дочери Насти. Мой муж Юра Нефёдкин был на полевых работах, когда мне пришло время родить, и приехал он только ко времени моей выписки из роддома. Так Николай Никитович послал за мной и ребенком свою служебную «Волгу». Похожая история произошла и много лет назад в 1961 г., когда родились близнецы у Аскольда Всеволодовича Тригубова, который не успевал прилететь к родам жены с полевых работ. По просьбе Н.Н. Пузырёва я и Бина Мишенькина навещали Инночку Тригубову в роддоме и принимали участие в ее выписке с детьми из больницы.

Николай Никитович и его супруга Мария Николаевна, добрейшая женщина, посвятившая всю свою жизнь мужу и семье, были хлебосольными, радушными хозяевами, часто приглашавшими молодых сотрудников к себе в гости. До сих пор помню, как однажды мы с Сабиной Мишенькиной зашли к Николаю Никитовичу домой на Пасху. Праздничный стол был уставлен традиционными пасхальными угощениями: куличами, крашеными яйцами, вазочками с творожной массой. Такой вкуснейшей творожной пасхи я никогда в жизни больше не ела. Николай Никитович весь сиял и много рассказывал нам о русских обычаях празднования Пасхи, об обязательном посещении церкви и троекратном целовании при встрече в пасхальные дни.

После защиты кандидатской диссертации я была направлена Н.Н. Пузырёвым на новый фронт работ. Начало 70-х годов было временем быстрого внедрения цифровых сейсмических станций и ЭВМ нового поколения серии ЕС в сейсмическую отрасль. В Москве была создана Центральная геофизическая экспедиция Миннефтепрома, в которой разрабатывался отечественный пакет программ для обработки сейсмической информации. Николай Никитович всегда держал руку на пульсе времени. Он немедленно послал меня в Москву к Валентину Иосифовичу Мешбею — создателю метода ОГТ в СССР — для консультаций и предварительных договоренностей о передаче пакета программ обработки данных систем многократных перекрытий Институту геологии и геофизики (ИГиГ). И работа закипела.

В ИГиГ благодаря организаторским способностям К.А. Лебедева был создан Вычислительный центр. Здесь мы освоили обрабатывающую систему СЦС-3, созданную в ЦГЭ Миннефтепрома, и начали обрабатывать первые материалы по многоволновой сейсморазведке, полученные в Прикаспийской впадине. В этом принимала также активное участие Галина Николаевна Лебедева.

Примерно в это же время благодаря огромным усилиям Н.Н. Пузырёва в Новосибирске была организована специализированная методическая экспедиция Миннефтепрома — Сибирская геофизическая экспедиция (СибГЭ) — для совместных работ с ИГиГ по развитию физических основ многоволновой сейсморазведки. Полевые исследования по МВС проходили в Прикаспийской впадине, в Гурьевской области, силами СибГЭ с участием полевых отрядов ИГиГ. Цифровая обработка полученных материалов проводилась в вычислительных центрах СибГЭ и ИГиГ. Практически все сотрудники лаборатории сейсмометрии с большим энтузиазмом, не жалея сил подключились к этой работе. Николай Никитович лично принимал самое активное участие на всех этапах, приезжал в полевые отряды, постоянно следил за результатами всех опытов по возбуждению поперечных волн и выбору оптимальных условий для возбуждения и приема колебаний продольных, поперечных и обменных волн при профильных наблюдениях методом многократных перекрытий. Как только появлялись первые результаты цифровой обработки полученных данных, он просматривал их уже на стадии предварительных временных разрезов. Благодаря усилиям двух коллективов в достаточно короткое время были получены результаты мирового уровня по поперечным и обменным волнам, а также по созданию источников поперечных волн. Если бы даже Н.Н. Пузырёв ничего другого не сделал, нам следовало бы поставить ему памятник за создание уникальной методической базы для реализации идей и разработок научного института Академии наук.

Наряду с полевыми партиями в СибГЭ были созданы и тематические партии, работавшие под руководством научных сотрудников ИГиГ. Так, под руководством С.В. Гольдина в темпартии № 7, начальником которой был В.С. Черняк (а позднее С.А. Гриценко), была разработана широко известная система кинематической интерпретации сейсмических данных (КИНГ). В темпартии № 6 (начальник партии Л.А. Максимов) под общим руководством Н.Н. Пузырёва проводились теоретические исследования поляризации поперечных и обменных волн (куратор И.Р. Оболенцева), а также, при моем непосредственном участии, исследования кинематических и динамических особенностей обменных отраженных волн разных типов. Я куриро-

вала также работы по созданию комплекса программ цифровой обработки обменных отраженных *PS*-волн. Надо сказать, что на первых порах мы обрабатывали обменные волны по стандартным программам, созданным для монотипных волн, но вскоре убедились в том, что при наклонном залегании отражающих горизонтов необходимы специальные программы. И такие программы, в частности программа несимметричной выборки трасс для формирования сейсмограммы *OGT-PS*, были созданы. В моей группе работали программист Г.П. Кондакова и молодой геофизик Л.В. Олейник.

В последующие годы я много работала с коллективом опытно-методической партии № 3 (начальник партии Н.А. Вайсеров). Эта партия проводила работы по многоволновой сейсморазведке в различных районах Южно-Эмбинской нефтегазоносной провинции Прикаспийской впадины. Так, в результате работ на соляно-купольной структуре Танатар нами была разработана методика выделения малоамплитудных сбросов по данным МВС. На соляном куполе Матин, в соответствии с теоретическими предпосылками, по данным продольных и поперечных волн было подтверждено наличие газовой залежи, с которой было связано «яркое пятно» в волновом поле продольных отраженных волн и полное отсутствие такового на поперечных волнах. При проведении этих работ я тесно контактировала с коллегами из СибГЭ Л.Н. Пономаревой, А.А. Преженцевым, Д.Г. Южаковым, о чем у меня остались самые добрые воспоминания.

Возвращаясь к моей совместной работе с Н.Н. Пузырёвым, не могу не вспомнить свою работу в качестве ученого секретаря специализированного Совета по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора наук в течение 8 лет с марта 1979 г. по декабрь 1986 г. Николай Никитович, будучи председателем Совета, искал себе помощника для работы в Совете и выбрал мою кандидатуру, по-видимому, из соображений моей надежности и ответственности. Принимая участие в заседаниях Ученого совета, я видела, как четко и корректно Николай Никитович вел эти мероприятия, как продуманы были все его выступления. За все время нашей совместной работы не было ни одного случая возврата документов из ВАКа на повторную защиту или замечаний по оформлению документов. Слабые работы не принимались Советом к защите и отклонялись на стадии предварительного рассмотрения.

В жизни большого и дружного коллектива геофизиков ИГиГ, созданного Н.Н. Пузырёвым, была не только работа. Были и праздники, юбилеи, выпускалась юмористическая стенная газета. Сам Николай Никитович очень любил и ценил юмор, шутки, веселье застолий. Любил он

также праздновать свои дни рождения, даже в преклонном возрасте. С мудростью много прожившего и много видевшего человека он часто повторял: «Надо радоваться каждому своему дню рождения, ведь его могло и не быть». Все юбилеи Николая Никитовича становились большими праздниками не только лаборатории, но и всего института. Молодые сотрудники с большим энтузиазмом готовили поздравления, праздничные выступления с музыкой, песнями, шуточными частушками. Слова частушек обычно сочиняла Оля Павлова. Юра Нефёдкин и Сергей Гольдин аккомпанировали на гитаре и мандолине. Вот слова частушек, которые мы исполняли на 70-летие Николая Никитовича.

*Волнам в сейсмике привольно.
Каждая — девятый вал.
Но корабль ведет спокойно
Дядя Коля — адмирал!*

*Волны мчатся за волной,
Мчатся вдоль и поперек.
Раньше польза от одной,
А теперь — все волны впрок.*

*На границе двух пород
Р на S меняется.
Юбиляр меняет годы —
Сам не изменяется!*

*Вновь дела, проблемы вновь.
День за день цепляется.
Только первая любовь
(Метод отраженных волн)
Никак не забывается.*

Помню празднование 85-летия Николая Никитовича в конференц-зале геофизического корпуса Института геологии и геофизики. Как-то так получилось, что известные «остряки» в нашем геофизическом сообществе, которые могли бы быть тамадой на празднике, были в это время в отъезде, и Николай Никитович попросил меня вести вечер. Я долго отказывалась, но потом мне пришлось все-таки согласиться, чтобы не расстраивать юбиляра. И вечер удался на славу. Мы спели Величальную песню имениннику на несколько голосов, подражая церковному пению, и поднесли каравай хлеба, испеченный собственноручно Юрой Нефёдкиным.

Привожу только припев этой песни.

*Радуйся ты, геолог, радуйся!
Радуйся, геофизик, радуйся!
И ты, Николай,
Превеликий чудотво-о-рец!*

Много было веселых тостов, песен, шуток, танцев. Николай Никитович был доволен и все повторял, обращаясь к более молодым сотрудникам: «Веселитесь, друзья, веселитесь!».

Николай Никитович и сам любил спеть. В молодости у него был неплохой голос. Особенно он любил песни на слова Сергея Есенина. И как-то на один из его дней рождения мы подарили имениннику вечер, посвященный Сергею Есенину. Как всегда, была подготовлена литературно-музыкальная композиция с переделанными на геофизический лад стихами С. Есенина (автор Ольга Павлова).

*Тучка тенью расколола
Земляничный косогор.
Умывается Никола
Белой пеной из озер.
И идет стопой неспешной.
Для него решен вопрос.
Геофизика? Конечно!
Сейсмология? Of course!*

Как бы от имени Н.Н. Пузырёва исполнялись стихи:

*О Русь, малиновое поле
И синь, упавшая в реку.
Люблю до радости и боли
Науку-геофизику.
И не отдам я эти цепи,
И не расстанусь с долгим сном.
Уеду в Гурьевские степи
Жить под соляным куполом!*

А потом долго пели под гитару задушевные песни на стихи С. Есенина. Здесь были и «Клен ты мой опавший», и «Письмо матери», и «Выткался над озером алый свет зари» и многие, многие другие.

И наконец, последний юбилей Николая Никитовича — 90 лет! Как ждал он этого праздника, как готовился к нему! Казалось, он мобилизовал все свои жизненные силы, только бы дожить, только бы поставить последнюю точку. И мы, его сотрудники, тоже уже далеко не молоденькие, готовились



Частушки на юбилее Н.Н. Пузырёва

жество по поводу юбилея состоялось в Доме ученых. Как всегда, был подготовлен маленький спектакль «Жизнь и подвиги юбиляра глазами классиков», в котором использовались стихи русских поэтов А.С. Пушкина, М.Ю. Лермонтова, С. Есенина, А. Блока, Б. Пастернака, А. Ахматовой, Б. Ахмадулиной, В. Хлебникова. В спектакле принимали участие Ольга Павлова, Юрий и Татьяна Нефёдкины, Вячеслав Куликов, Михаил Немирович-Данченко, приехавший из Томска на юбилей Николая Никитовича. Запомнились стихи по мотивам Б. Пастернака

*Мело-мело по всей земле,
Во все пределы.
Он ни секунды не провёл
На ней без дела.*

*И всё-то думал, не шутя:
Как мало знаю,
Как мало знаю я тебя,
Кора земная.*

*Мне только мантии верхи
Знакомы смутно.
Я ж до ядра хочу дойти!
До самой сути!*

*А годы таяли во мгле,
Глава седела.
Свеча горела на столе,
Свеча горела.*

к этому юбилею. Так хотелось порадовать нашего дорогого учителя, патриарха отечественной науки. Была организована большая научная конференция, которая проходила в санатории «Сосновка». И Николай Никитович, несмотря на очень слабое свое здоровье, выступил на ней с докладом, в котором изложил свое видение развития геофизической науки. Тор-

Конечно, спектакли эти были самодеятельными, плохо отрепетированными, поскольку готовились они всегда второпях. Но было в них самое главное — наша любовь к своему учителю, желание порадовать его, развеселить, наша благодарность ему за его науку, за его мудрость и доброту. После последнего спектакля у нас осталось какое-то чувство неудовлетворенности, казалось, что было много «накладок», что нас плохо слушали. Тогда вмешалась Нинель Ивановна Туезова. Она сказала, что просто покорена нашим выступлением, что совсем неважно, как мы играли. Главное — это та атмосфера доброжелательности и любви, которая царила в зале. «Я много бывала на разных юбилеях очень известных людей в Москве и в Санкт-Петербурге, — добавила она, — но таких теплых поздравлений, как в Академгородке, не видела нигде». Наверно, здесь дело не в месте проведения юбилея, а в личности Николая Никитовича.

Оглядываясь назад, на почти 45 лет, проведенные рядом с Николаем Никитовичем, размышляя о своем жизненном пути и жизни моих друзей-геофизиков, я могу сказать, что Николай Никитович во многом определил нашу судьбу. Благодаря ему мы посвятили свою жизнь развитию сибирской науки. Он воспитал из нас ученых, глубоко и бескорыстно преданных своей науке, научил нас работать самоотверженно, с энтузиазмом, на высоком профессиональном уровне. Сам являясь примером человека глубоко порядочного, высоко и всесторонне образованного, Николай Никитович сумел создать в коллективе геофизиков нашего института атмосферу доброжелательности, оптимизма, честного и принципиального отношения как к собственным научным результатам, так и к достижениям своих коллег. Николай Никитович навсегда останется в нашей памяти как талантливый русский ученый, выдающийся организатор науки и прекрасный человек.

ХРОНОЛОГИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ ТРУДОВ

1940

1. Интерпретация годографов преломленных волн при непрерывном изменении скорости в первой среде с глубиной // Прикл. геофизика. — 1949. — Описано по отг. — Соавт.: Котляревский Ю.В., Хромой А.И.

2. Определение скорости по годографам преломленных волн методом Вихерта // Там же. — Описано по отг. — Соавт.: Котляревский Б.В.

1945

3. Построение отражающей границы с учетом преломления на не горизонтальной поверхности раздела // Прикл. геофизика. — 1945. — Вып. 1. — С. 35—53: фиг.

4. Определение средней скорости по взаимным точкам на годографах отраженных волн // Там же. — С. 56—62.

5. Построение лучевых диаграмм при произвольном законе изменения скорости с глубиной // Прикл. геофизика. — 1945. — С. 56—64.

1948

6. Интерпретация неполных встречных годографов отраженных волн // Прикл. геофизика. 1948. — Вып. 4. — С. 129—133: фиг. — Соавт.: Кузнецова Н.П.

1950

7. Карты изохрон первых вступлений преломленных волн // Разведочная и промысловая геофизика: Сб. ст. — М.; Л. 1950. — Вып. 2. — С. 37—40.

8. Определение элементов залегания отражающих границ при переменной скорости по вертикали // Прикл. геофизика. — 1950. — Вып. 6. — С. 18—35: фиг. — Библиогр.: 12 назв.

1952

9. Построение разреза по встречным годографам преломленных волн // Прикл. геофизика. — 1952. — Вып. 8. — С. 160—168.

10. Результаты применения в Прикаспийской впадине корреляционного метода преломленных волн (КМПВ) // Там же. — С. 191—204: фиг. — Соавт.: Баренбойм М.И.

11. Трассирование сбросов и нормальных границ на соляных куполах Прикаспийской низменности по данным годографов первых вступлений // Прикл. геофизика. — 1952. — Вып. 9. — С. 17—37.

12. Об учете преломления и способе взаимного вычета искажений // Там же. — С. 61—67.

1955

13. К рецензии И.С. Берзон и А.М. Епинатьевой на статью А.К. Урупова и Л.А. Рябинкина «Кратно отраженные преломленные волны как фактор, снижающий качество сейсмических материалов на Русской платформе» // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. — 1955. — № 2. — С. 190—191.

14. О путях уточнения методов интерпретации данных сейсморазведки // Прикл. геофизика. — 1955. — Вып. 12. — С. 107—126: фиг. — Библиогр.: 3 назв.

15. О влиянии кривизны границы раздела при определении скорости по годографам отраженных волн // Прикл. геофизика. — 1955. — Вып. 13. — С. 53—62: фиг. — Библиогр.: 3 назв.

1957

16. Измерение сейсмических скоростей в скважинах. — М.: Гостоптехиздат, 1957. — 80 с., 2 л. черт.: черт., табл. — (Тр. /ВНИИГеофизика; Вып. 3). — Библиогр.: 30 назв.

17. Применение численных методов осреднения при определении скоростей по годографам отраженных волн // Прикл. геофизика. — 1957. — Вып. 16. — С. 50—84: фиг., табл. — Библиогр.: 12 назв.

18. О фазовых искажениях и амплитудных характеристиках при группировании сейсмографов на больших базах // Прикл. геофизика. — 1957. — Вып. 17. — С. 3—15: фиг.

19. К обоснованию окружностей в методе отраженных волн // Там же. — С. 76—92: фиг., табл. — Библиогр.: 6 назв.

1958

20. О связи между густотой сети наблюдения и сечением геофизических карт // Прикл. геофизика. — 1958. — Вып. 18. — С. 279—287. — Библиогр.: 6 назв.

1959

21. Интерпретация данных сейсморазведки методом отраженных волн. — М.: Гостоптехиздат, 1958. — 451 с., 22 л. рис.: рис. — Библиогр.: 182 назв. Кн. пер. на рум., нем. и кит. яз.

22. О линиях t_0 в методе отраженных волн // Разведочная и промысловая геофизика: Сб. ст. — М.; Л., 1959. — Вып. 29. — С. 3—14: рис.

22. Результаты экспериментального изучения поперечных волн в Саратовской области // Материалы семинара по вопросам динамики сейсмических волн и группирования. — М., 1959. — С. 13—30, 3 л., рис.

24. Заключительное слово // Там же. — С. 124.

25. А.с. 124152. Способ создания асимметричного поля для возбуждения поперечных сейсмических волн при взрыве зарядов в грунте. — № 19235/26; Заявл. 12.02.59; Оpubл. 20.11.59 // Бюл. изобр. — 1959. — № 22. — С. 58. — Соавт.: Майоров В.В., Каплан Б.Л.

1960

26. Результаты экспериментального изучения поперечных волн в Саратовской области // Материалы литологического семинара по вопросам динамики сейсмических волн и моделирования / ВНИИгеофизика. — М., 1960. — Б.с.

27. Об интерпретации данных метода преломленных волн при наличии градиента скорости в нижней среде // Геология и геофизика. — 1960. — № 10. — С. 120—128: рис. — Рез.: англ. — Библиогр.: 4 назв.

28. К вопросу о применении упрощенных схем наблюдений при изучении складчатого фундамента Западно-Сибирской низменности методом преломленных волн // Там же. — 1960. — № 11. — С. 102—144.

1961

29. О результатах экспериментальных работ по возбуждению и регистрации поперечных волн в районе Нижнего Поволжья // Состояние и перспективы развития разведочной геофизики. — М., 1961. — С. 81—144.

1962

30. Обзор экспериментальных исследований и некоторые теоретические положения по изучению поперечных и обменных волн // Экспериментальные исследования поперечных и обменных волн: Геофиз. сб. 3. — Новосибирск, 1962. — С. 7—23: рис. — (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР; Вып 16). — Библиогр.: 36 назв. — Соавт.: Худобина Л.Н.

31. Экспериментальное изучение головных поперечных волн // Там же. — С. 64—94, 1 л. рис.: рис. — Библиогр.: 4 назв. — Соавт.: Каржева Л.В.

32. Некоторые данные по изучению условий возбуждения поперечных волн // Там же — С. 182—200, 1 л. рис.: рис. — Библиогр.: 6 назв. — Соавт.: Бахаревская Т.М.

33. Некоторые вопросы интерпретации поперечных и обменных волн // Там же. — С. 201—203: рис. — Библиогр.: 9 назв.

34. Использование закона тангенсов при решении некоторых задач геометрической сейсмологии // Геология и геофизика. — 1962. — № 11. — С. 86—94: рис., табл. — Библиогр.: 3 назв.

35. Ред.: Экспериментальные исследования поперечных и обменных волн: Геофиз. сб. 3. — Новосибирск: СО АН СССР. — 1962. — 214 с. — (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР; Вып. 16).

36. Предисловие // Там же. — С. 3—4.

37. А.с. 149894. Устройство для возбуждения упругих поперечных волн в горных породах. — № 748861/26; Заявл. 20.10.61; Опубл. 14.09.62. // Бюл. изобр. — 1962. — № 17. — С. 37. — Совм. с др.

1963

38. Сейсмическое зондирование преломленными волнами для региональных геологических исследований // Геология и геофизика. — 1963. — № 8. — С. 55—67: рис. — Рез.: англ. — Библиогр.: 11 назв. — Соавт.: Крылов С.В., Потапьев С.В., Трескова Ю.А.

39. Теория интерпретации точечных сейсмических наблюдений // Там же. — 1963. — № 9. — С. 66—82: рис. — Рез.: англ. — Библиогр.: 7 назв.

40. Учет влияния преломляющей границы при интерпретации данных сейсмических зондирований // Там же. — 1963. — № 11. — С. 3—17: рис. — Рез.: англ. — Библиогр.: 9 назв. — Соавт.: Крылов С.В.

1964

41. Первые результаты глубинных сейсмических исследований земной коры в центральной части Западной Сибири // Геология и геофизика. — 1964. — № 11. — С. 82—89. — Рез.: англ. библиогр.: 11 назв. — Соавт.: Кондрашов В.А., Крылов С.В., Потапьев С.В.

1965

42. Точечные сейсмические зондирования // Методика сейсморазведки. — М., 1965. — С. 5—70: рис. — Библиогр.: 29 назв. — Соавт.: Крылов С.В., Потапьев С.В.

43. Селекция сейсмических волн по признаку поляризации для источников с горизонтальной направленностью // Там же. — С. 127—135: рис. — Библиогр.: 3 назв. — Соавт.: Лебедев К.А., Лебедева Г.Н.

44. Способы построения отражающей границы по годографам обменных волн // Там же. — С. 136—146: рис., табл. — Библиогр.: 7 назв.

45. Методика региональных сейсмических исследований в платформенных районах Сибири // Геологические результаты прикладной геофизики. — М., 1965. — С. 118—123: рис. — (Международ. геол. конгр., XXII сес.: Докл. сов. геологов; Пробл. 2). — Рез.: англ. — Соавт.: Кондропшева В.А., Мандельбаум М.М., Сурков В.С.

46. Преобразования поля времен при точечных сейсмических наблюдениях // Геология и геофизика. — 1965. — № 4. — С. 92—102: рис. — Рез.: англ. — Библиогр.: 11 назв. — Соавт. Крылов С.В., Потапьев С.В.

47. Решение обратной задачи для обменных отраженных волн // Там же. — 1965. — Вып. 42. — С. 20—31: рис. — Библиогр.: 8 назв.

48. Состояние и пути развития метода поперечных и обменных волн // Прикл. геофизика. — 1965. — Вып. 43. — С. 3—13. — Соавт.: Берзон. И.С., Худобина Л.Н.

49. Ред.: Методика сейсморазведки / Отв. ред. — М.: Наука, 1965. — 242 с.

50. Предисловие // Там же. — С. 3—4.

1966

51. Современное состояние и пути развития рудной сейсморазведки // Вопросы разведочной сейсморазведки: Сб. ст. — Л., 1966. — Вып. 1. — С. 3—15. — Совм. с др.

52. Кинематика волн // Справочник геофизика. — М., 1966. — Т. 4: Сейсморазведка. — С.97—182: рис., табл. — Библиогр.: 4 назв.

53. Построение сейсмических границ // Там же. — С. 543—574, 1 л. рис.: рис.

54. Развитие методов сейсморазведки, основанных на регистрации поперечных волн // Сейсмические методы исследований: Сб. ст. — М., 1966. — С. 41—47: фиг.

55. Методика и результаты сейсмических исследований в условиях Сибири // Геологическое строение и нефтеносность восточной части Сибирской платформы и прилегающих районов: (Тез. докл. Всесоюз. совещ. по оценке перспектив нефтеносности Якутии). — Якутск, 1966. — С. 161—163. — Соавт.: Крылов С.В., Мишенькин Б.П., Рудницкий А.А.

56. Новые методы сейсмических исследований земной коры // Вестн. АН СССР. — 1966. — № 12. — С. 21—26: рис.

57. Возбуждение поперечных сейсмических волн взрывами // Геология и геофизика. — 1966. — № 2. — С. 88—99: рис. — Рез.: англ. — Библиогр.: 11 назв. — Соавт.: Лебедев К.А., Лебедева Г.Н.

1967

58. Возбуждение поперечных сейсмических волн взрывами в полосах // Поперечные и обменные волны в сейсморазведке: Сб. ст. — М., 1967. — С. 11—13: рис., табл. — Библиогр.: 12 назв. — Соавт.: Лебедев К.А., Лебедева Г.Н.

59. Поляризация продольных и обменных отраженных волн на горизонтальной поверхности наблюдений в случае наклонных границ раздела // Там же. — С. 171—202: рис., табл. — Библиогр.: 13 назв. — Соавт.: Оболенцева И.Р.

60. Экспериментальное изучение поляризации обменной волны типа PS, отраженной от наклонной границы раздела // Там же. — С. 203—209, 1 л. рис.: рис. — Соавт.: Бахаревская Т.М., Бродов Л.Ю., Оболенцева И.Р.

61. Определение средней скорости по годографам монотипных и обменных волн // Там же. — С. 275—283: рис., табл. — Библиогр.: 5 назв.

62. О методике рекогносцировочных сейсмических исследований земной коры // Геофизические исследования строения земной коры Юго-Восточной Европы: Сб. ст. — М., 1967. — С. 26—32. — (Результаты исслед. по междунар. геофиз. проектам). — Рез.: англ. — Соавт.: Крылов С.В., Мишенькин Б.П.

63. Геофизические исследования при изучении строения Западно-Сибирской низменности в региональном плане // Методы разведочной и промысловой геофизики в Западно-Сибирской низменности. — Новосибирск, 1967. — С. 7—25: рис. — (Тр. Сиб. н.-и. ин-та геологии и геофизики и минер. серия; Вып. 62). — Библиогр.: 12 назв. — Совм. с др.

64. Развитие сейсмологических методов разведки в Советском Союзе // Изв. АН СССР. Физика Земли. — 1967. — № 11. — С. 113—121.

65. О состоянии сейсмических методов изучения земной коры и верхней мантии // Геология и геофизика. — 1967. — № 10. — С. 82—92.

66. Ред.: Поперечные и обменные волны в сейсморазведке. — М.: Недра, 1967. — 288 с.

67. Предисловие // Там же. — С. 3—8.

68. Ред.: Региональные сейсмические исследования в Сибири / Отв. ред. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1967. — 216 с.

69. А.с. 193092. Способ возбуждения поперечных сейсмических волн. № 1066746/26-25; Заявл. 30.03.66; Опубл. 2.03.67 // Изобрет., пром. образцы, товар. знаки. — 1967. — № 6. — С. 100. — Соавт.: Лебедев К.А.

1968

70. Метод поперечных волн и его геофизическая эффективность // Геологические результаты прикладной геофизики. — М., 1968. — С. 174-179. рис. — (Междунар. геол. конгр., XXIII сес.: Докл сов. геологов; Пробл. 5). — Рез.: англ. — Библиогр.: 3 назв. — Совм. с др.

71. Глубинные сейсмические исследования земной коры Западной Сибири // Там же. — С. 147—153: рис. — Рез.: англ. — Библиогр.: 5 назв. — Совм. с др.

72. Transverse waves and their geological application // Geological results of applied geophysics: Rep. 23rd. ses. Int. geol. congr. — Praha, 1968. — In coll. with oth.

73. Возбуждение поперечных волн в скважинах // Геология и геофизика. — 1968. — № 10. — С. 82—92: рис. — Библиогр.: 10 назв. — Совм. с др.

1969

74. Приближенные способы интерпретации годографов рефрагированных волн // Методика сейсмических исследований. — М., 1969. —

С. 5—26: рис., табл. — (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР; Вып. 46). — Библиогр.: 15 назв. — Соавт.: Мишенькина С.Р.

75. О методике рекогносцировочных сейсмических исследований земной коры // Методика и результаты комплексных глубинных геофизических исследований: Сб. ст. — Л., 1969. — С. 191—196. — Библиогр.: 9 назв. — Соавт.: Крылов С.В.

76. Схемы наблюдений в ГСЗ, применяемые в СССР при исследованиях на континентах // Материалы международного совещания экспертов по взрывной сейсмологии (Ленинград, 1968). — Киев, 1969. — С. 8—14: рис.

77. Методические проблемы ГСЗ // Тезисы докладов II Всесоюзного совещания по изучению земной коры и верхней мантии Земли методом сейсмологии взрывов (Алма-Ата, 1969). — М., 1969. — С. 12—14. — Соавт.: Косминская И.П.

78. Вопросы методики малодетальных исследований методом ГСЗ // Там же. — С. 46—47. — Совм. с др.

79. Эффективные параметры годографа отраженных волн конечной длины для горизонтально-слоистой среды // Изв. АН СССР. Физика Земли. — 1969. — № 4. — С. 39-50. — Библиогр.: 5 назв.

80. Оценка эффективности возбуждения поперечных волн SH // Геология и геофизика. — 1969. — № 5. — С. 81—88. — Библиогр.: 4 назв. — Соавт.: Бродов Л.Ю.

81. Отклонения годографа отраженных волн для горизонтально-слоистой среды от гиперболы // Геология и геофизика. — 1969. — № 11. — С. 82-89: рис. — Библиогр.: 3 назв. — Соавт.: Володина К.Н., Лебедева Г.Н., Токмулина Л.Р.

82. Встречи в Мадриде. Мадридская ассамблея Международной ассоциации сейсмологии и физики Земли // За науку в Сибири. — 1969. — № 2. — С. 8.

83. Ред.: Волин А.П. Применение сейсморазведки при решении задач рудной геологии. Обзор проведенных исследований и анализ современного состояния / Отв. ред. — М.: Наука, 1969. — 80 с. — (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР; Вып. 58).

84. Ред.: Методика сейсмических исследований / Отв. ред. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1969. — 143 с. — (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР; Вып. 46).

85. А.с. 234283. Способ акустического каротажа скважин. — № 1126801/26-25; Заявл. 17.01.67; Оpubл. 10.01.69 // Открытия, изобрет., пром. образцы, товар. знаки. — 1969. — № 4. — С. 9. — Соавт.: Аверко Е.М., Матошин В.М.

1970

86. Общие сведения о схемах наблюдений в ГСЗ // Глубинные сейсмические исследования в Западной Сибири. — Новосибирск, 1970. — С. 7—21: рис. — (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР; Вып. 93) — Библиогр.: 7 назв. — Соавт.: Вольвовский И.С., Косминская И.П.

87. Глубинное сейсмическое зондирование земной коры в Западной Сибири // Состояние и задачи разведочной геофизики: Материалы VI Всесоюз. науч.-техн. геофиз. конф. в г. Ленинграде. — М., 1970. — С. 75—78: рис. — Совм. с др.

88. Состояние и перспективы развития метода поперечных волн // Там же. — С. 495—500: рис. — Совм. с др.

89. Возбуждение и регистрация поперечных волн // Там же. — С. 500—504: рис. — Совм. с др.

90. Строение земной коры и верхней мантии по профилю Ижевск — Ишим — Ханты-Мансийск — Енисейск — Братск // Проблема строения земной коры и верхней мантии: Сб. ст. — М., 1970. — № 7. — С. 125—130, 1 л. рис.: рис. — Совм. с др.

91. Способ создания асимметрического поля для возбуждения поперечных сейсмических волн при взрыве зарядов в грунте // Проспект научно-исследовательских работ, предложенных для использования в народном хозяйстве. Изобретения, методические и аппаратурные разработки. — Новосибирск, 1970. — С. 8—9. — Соавт.: Майоров В.В., Каплан Б.А.

92. Устройство для возбуждения упругих колебаний поперечных волн в горных породах // Там же. — С. 9—10. — Совм. с др.

93. Способ возбуждения поперечных сейсмических волн // Там же. — С. 10—11. — Соавт.: Лебедев К.А.

94. Устройство для возбуждения сейсмических колебаний в скважине // Там же. — С. 11—13: рис. — Соавт.: Кефели А.С., Лебедев К.А., Сибиряков Б.П.

95. Способ акустического каротажа скважин // Там же. — С. 30. — Соавт.: Аверко Е.М., Матошин В.М.

96. О рациональном выборе масштабов теоретических и экспериментальных графиков // Геофизический сборник. — Киев, 1970. — Вып. 36. — С. 3—9: рис. — Рез.: англ.

97. Состояние и перспективы развития теории и физических основ разведочной геофизики // Изв. АН СССР. Физика Земли. — 1970. — № 4. — С. 24—32. — Совм. с др.

98. Crystal seismic investigations in the Baikal rift zone // J. Geomagn. Geoelectr. — 1970. — N 1—2. — In coll. with oth.

99. Проблемы физики Земли // За науку в Сибири. — 1970. — № 14. — С. 7.

100. Буровая скважина на Луне // Сел. жизнь. — 1970. — 26 сент.

101. Ред.: Волин А.П. Поперечные и обменные волны при сейсморазведке: Библиография (1926—1969) / Отв. ред. — Новосибирск: Ин-т геологии и геофизики СО АН СССР, 1970. — 208 с.

102. Ред.: Глубинные сейсмические исследования в Западной Сибири / Отв. ред. — М.: Наука, 1970. — 124 с. — (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР; Вып. 93).

103. Предисловие // Там же. — С. 5.

104. Ред.: Проспект научно-исследовательских работ, предложенных для использования в народном хозяйстве. Изобретения, методические и аппаратные разработки / Зам. гл. ред. — Новосибирск: Ин-т геологии и геофизики СО АН СССР, 1970. — 126 с.

105. А.с. 265802. Устройство для возбуждения сейсмических колебаний в скважине. — № 1147869/26-25; Заявл. 11.04.67; Опубл. 17.03.70 // Открытия. изобрет., пром. образцы, товар. знаки. — 1970. — № 11. — С. 6. — Соавт.: Кефели А.С., Лебедев К.А., Сибиряков Б.П.

1971

106. Особенности строения земной коры Западной Сибири по данным глубинных сейсмических зондирований // Проблемы нефтеносности Сибири. — Новосибирск, 1971. — С. 94—113, 1 л. рис.: рис., табл. — Библиогр.: 21 назв. — Соавт.: Крылов С.В.

107. Общие вопросы корреляции сейсмических волн // Дискретная корреляция сейсмических волн: Сб. ст. — Новосибирск, 1971. — С. 5—13. — Библиогр.: 13 назв.

108. Приближенные способы оценки определения экстремумов экспериментальных кривых применительно к некоторым задачам геофизики // Геология и геофизика. — 1971. — № 11. — С. 89—96: рис. — Библиогр.: 4 назв.

109. Ред.: Дискретная корреляция сейсмических волн: Сб. ст. / Отв. ред. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1971. — 136 с.

110. Предисловие // Там же. — С. 3—4.

111. Ред.: Проблемы нефтеносности Сибири. Чл. редкол. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1971. — 248 с.

1972

112. Об условии выпадения слоев при регистрации первых вступлений // Геофизический сборник. — Киев, 1972. — Вып. 48. — С. 17—30: рис. — Рез.: англ. — Библиогр.: 12 назв.

113. Сейсмология взрывов — ее прошлое, настоящее и будущее // Вестн. АН СССР. — 1972. — № 9. — С. 44—54: рис. — Соавт.: Алексеев А.С., Косминская И.П.

114. Explosion seismology: its past, present and future // Tectonophysics. — 1972. — Vol. 13, n 1—4. — P. 309—323: fig. — Bibliogr.: 20 ref. — Co-aut.: Alekseyev A.S.

115. Ред.: Вопросы методики глубинного сейсмического зондирования. — Новосибирск: Ин-т геологии и геофизики СО АН СССР, 1972. — 239 с.

116. Предисловие редактора // Там же. — С. 5—7.

117. Ред.: Инерционные источники и приемники сейсмических волн / Под общ. ред. Н.Н. Пузырёва, Е.М. Аверко. — Новосибирск: Ин-т геологии и геофизики СО АН СССР, 1972. — 279 с.

118. Ред.: Хромой А.И. Геологические и методические основы повышения эффективности геофизических нефтегазопроисковых работ на юго-востоке Русской платформы: Труды / Чл. редкол. — Саратов: Сарат. ун-т, 1972. — 228 с.

1973

119. Методические проблемы ГСЗ // Глубинное сейсмическое зондирование: Материалы II Всесоюзн. совещ. по изуч. коры и верхней мантии Земли методами сейсмологии взрывов. — Алма-Ата, 1973. — С. 42—52: рис. — Библиогр. 7 назв. — Соавт.: Косминская И.П.

120. Малодетальные исследования методом ГСЗ // Там же. — С. 120—129: рис. — Библиогр.: 11 назв. — Совм. с др.

121. Двумерные временные поля отраженных волн // Геология и геофизика. — 1973. — № 1. — С. 94—104: рис. — Библиогр.: 10 назв.

122. Deep seismic investigations in the Baikal rift zone // Tectonophysics. — 1973. — Vol. 20, N 1—4. — P. 85—95. — Bibliogr.: 7 ref. — In coll. with oth.

123. Глубинная структура Байкала по данным взрывной сейсмологии // За науку в Сибири. — 1973. — № 13. — С. 4—5. — Соавт.: Мандельбаум М.М., Крылов С.В.

124. Ред.: Динамические характеристики сейсмических волн / Отв. ред. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1973. — 114 с. — (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР; Вып. 52).

125. Ред.: Исследование процессов распространения сейсмических волн в сложнопостроенных средах / Под общ. ред. Н.Н. Пузырёва, Е.М. Аверко. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1973. — 148 с.

1974

126. Методика региональных сейсмических исследований фундамента платформ на примере регионов Западной Сибири // Разведочная

геофизика СССР на рубеже 70-х годов. — М., 1974. — С. 464—469: рис. — Библиогр.: 4 назв. — Совм. с др.

127. On methods in deep seismic sounding (DSS) // The XXIII General assembly of the European seismological commission (Brasov, 28 Aug. — 5 Sept. 1972). — Bucharest, 1974. — P. 311—323. — Co-aut.: Sollogub V.B.

128. Об инвариантах временных полей // Геология и геофизика. — 1974. — № 3. — С. 64—69. — Библиогр.: 4 назв.

129. Глубинное строение Байкальского рифта по данным взрывной сейсмологии // Геология и геофизика. — 1974. — № 5. — С. 155—167: рис. — Рез.: англ. — Библиогр.: 14 назв. — Совм. с др.

130. Особенности полей времен $t(X, l)$ и годографов ОГТ для отражающих границ круговой формы // Геология и геофизика. — 1974. — № 10. — С. 100—114: рис., табл. — Рез.: англ. — Библиогр.: 5 назв. — Соавт.: Чернякова Л.А.

131. Об особенностях временных полей отраженных волн для криволинейных границ раздела // Геология и геофизика. — 1974. — № 11. — С. 101—107: рис. — Рез.: англ. — Библиогр.: 8 назв.

132. Эффективные параметры отраженных волн для двухмерной модели // Геология и геофизика. — 1974. — № 12. — С. 67—78: рис. — Рез.: англ. — Библиогр.: 6 назв.

133. Ред.: Сейсмические волны в сложнопостроенных средах / Отв. ред. Н.Н. Пузырев, К.Д. Клем-Мусатов. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1974. — 110 с. — (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР; Вып. 211).

134. Ред.: Строение земной коры в Западной Сибири (по результатам глубинного сейсмического зондирования): Сб. науч. тр. / Отв. ред. — Новосибирск: Ин-т геологии и геофизики СО АН СССР, 1974. — 83 с.

1975

135. Методика рекогносцировочных глубинных сейсмических исследований. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975. — 157 с.: ил. — (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР; Вып. 192). — Соавт.: Крылов С.В., Мишенькин Б.П.

136. О способах интерпретации годографов обменных отраженных волн типа PS // Вопросы теории и интерпретации сейсмических волн: Сб. науч. тр. — Новосибирск, 1975. — С. 5—46: рис., табл. — Библиогр.: 8 назв.

137. Трехкомпонентная регистрация сейсмических волн различных типов от симметричных и несимметричных источников // Экспериментальные и теоретические исследования отраженных волн: Сб. ст. — Новосибирск, 1975. — С. 5—28: рис. — Библиогр.: 16 назв. — Соавт.: Лебедева Г.Н., Тригубов А.В.

138. Отражение структур на временных разрезах // Там же. — С. 106—134: рис. — Библиогр.: 4 назв.

139. Глубинное сейсмическое зондирование земной коры и верхов мантии в Байкальском регионе // Байкальский рифт: Сб. ст. — Новосибирск, 1975. — Вып. 2. — С. 22—34: рис. — Библиогр.: 12 назв. — Совм. с др.

140. Структура земной коры рифтовых зон // Глубинное строение и геофизические особенности земной коры и верхней мантии: Тез. докл. — М., 1975. — С. 37. — Совм. с др.

141. Глубинное строение Байкальской и других континентальных рифтовых зон по сейсмическим данным // Проблемы рифтогенеза: (Материалы к симпоз. по рифтовым зонам Земли) — Иркутск, 1975. — С. 7—8. — Кн. пер. на англ. яз. — Совм. с др.

142. Поле времен $t(X, l)$ и годографы ОГТ для отражающей границы, состоящей из прямолинейных отрезков // Геология и геофизика. — 1975. — № 1. — С. 101—110: рис. — Рез.: англ. — Соавт.: Чернякова Л.А.

143. Доказательство независимости эффективной скорости, определяемой по временным полям $t(X, l)$, от формы отражающей границы // Геология и геофизика. — 1975. — № 3. — С. 67—71. Рез.: англ.

144. Вычисление интегральных значений эффективных параметров для двумерных моделей // Геология и геофизика. — 1975. — № 5. — С. 78—84. — Рез.: англ. — Библиогр.: 7 назв.

145. Ред.: Вопросы теории и интерпретации сейсмических волн: Сб. науч. тр. — Новосибирск: Ин-т геологии и геофизики СО АН СССР, 1975. — 243 с.

146. Ред.: Методика рекогносцировочных глубинных сейсмических исследований / Отв. ред. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975. — 157 с. — (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР; Вып. 192).

147. Ред.: Применение методов вычислительной математики и математической статистики при цифровой обработке данных сейсморазведки: Сб. науч. тр. / Под ред. Н.Н. Пузырева, С.В. Крылова, С.В. Гольдина. — Новосибирск: Ин-т геологии и геофизики СО АН СССР, 1975. — 212 с.

148. Ред.: Экспериментальные и теоретические исследования отраженных волн / Отв. ред. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975. — 148 с. — (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР; Вып. 273).

1976

149. Глубинное сейсмическое зондирование земной коры и верхней мантии в Байкальской рифтовой зоне // Методика и результаты сейсмических исследований в Сибири: Сб. науч. тр. — Новосибирск, 1976. — С. 45—62: рис. — Совм. с др.

150. Поперечные волны и их использование в сейсморазведке // Там же. — С. 77—104: рис. — Совм. с др.

151. К теории обратных кинематических задач в методе отраженных волн // Там же. — С. 133—147: рис. — Соавт.: Гольдин С.В.

152. Сравнительная характеристика глубинного строения Байкальской и других континентальных рифтовых зон // Геофизические исследования земной коры. — М., 1976. — С. 18—25: рис. — (Международ. геол. конгр., XXV сес.: Докл. сов. геологов). — Рез.: англ. — Библиогр.: 9 назв. — Соавт.: Крылов С.В., Мишенькин Б.П.

153. Геофизические данные о строении земной коры юга Сибири // Там же. — С. 35—42: рис. — Рез.: англ. Библиогр.: 3 назв. — Совм. с др.

154. Современное состояние и перспективы направления развития сейсмических методов при поисках и разведке полезных ископаемых // VIII Всесоюзная научно-техническая геофизическая конференция (Тюмень, 7—11 сент 1976 г.). Перспективные направления сейсморазведки. — М., 1976. — С. 3—5. Совм. с др.

155. Развитие решений кинематических задач сейсморазведки в связи с применением ЭВМ и возможностью пространственной интерпретации // Там же. — С. 5—6. — Соавт.: Гольдин С.В., Глотов О.К.

156. Современное состояние и перспективы развития методов, основанных на использовании различных типов сейсмических волн // Там же. — С. 16—18. — Совм. с др.

157. Изучение сложнопостроенных сред сейсмическим методом отраженных волн // VIII Всесоюзная научно-техническая геофизическая конференция (Тюмень, 7—11 сен. 1976 г.). Поисковые геофизические работы на нефть газ. — М., 1976. — С. 25—26. Соавт.: Кондратьев О.К., Беспятов Б.И., Иванчук А.М.

158. О пространственном временном поле отраженных волн // Геология и геофизика. — 1976. — № 2. — С. 98—106: рис. — Рез.: англ.: Библиогр.: 9 назв.

159. Эффективные параметры в методе отраженных волн для трехмерных моделей произвольного вида // Геология и геофизика. — 1976. — № 5. — С. 96—101: рис. — Рез.: англ. — Библиогр.: 11 назв.

160. Определение параметров градиентного слоя по годографу отраженных волн // Геология и геофизика. — 1976. — № 9. — С. 102—108: рис. — Рез.: англ. — Библиогр.: 5 назв.

161. Ред.: Вопросы возбуждения сейсмических волн вибрационным источником / Отв. ред. Н.Н. Пузырев, И.С. Чичинин. Новосибирск: Б.и., 1976. — 128 с.

162. Ред.: Методика и результаты сейсмических исследований в Сибири / Отв. ред. — Новосибирск: Ин-т геологии и геофизики СО АН СССР, 1976. — 190 с.

1977

163. Основные итоги региональных сейсмических исследований в Сибири // Геофизические методы в познании земной коры в Сибири. — Новосибирск, 1977. — С. 17—29: рис. — (Тр. Сиб. н.-и. ин-та геологии и геофизики и минер. сырья; Вып. 249). — Библиогр.: 7 назв. — Соавт.: Крылов С.В.

164. Глубинное строение Байкальской и других континентальных рифтовых зон по сейсмическим данным // Роль рифтогенеза в геологической истории Земли. — Новосибирск, 1977. — С. 30—36: рис. — Библиогр.: 13 назв. — Совм. с др.

165. Особенности строения литосферы в области континентальных рифтов по данным сейсмических исследований // Строение земной коры и верхней мантии по данным сейсмических исследований. — Киев, 1977. — С. 99—113: рис. — Рез.: англ. — Библиогр.: 28 назв. — Совм. с др.

166. О моделях сред, используемых при сейсмических исследованиях // Методологические проблемы научного познания. — Новосибирск, 1977. — С. 161—167.

167. Байкальская рифтовая зона и другие зоны континентального рифтогенеза // Фундаментальные исследования. Науки о Земле. — Новосибирск, 1977. — С. 108—113. — Библиогр.: С. 112—113. — Совм. с др.

168. Новые методы сейсмических исследований земной коры и верхней мантии // Там же. — С. 143—147: ил. — Библиогр.: С. 146—147. — Совм. с др.

169. Решение одномерной обратной задачи в методе отраженных волн с учетом «возмущений» // Геология и геофизика. — 1977. — № 1. — С. 81—88: рис. — Рез.: англ. Библиогр.: 4 назв.

170. Новые направления в развитии методов сейсмических исследований // Геология и геофизика. — 1977. — № 11. — С. 47—53. — Рез.: англ.

1978

171. Методика и аппаратура для региональных сейсмических исследований в труднодоступной местности и их применение в Сибири. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1978. — 205 с.: рис., табл. — (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР; Вып. 398). — Библиогр.: 149 назв. — Совм. с др.

172. Глубинные сейсмические зондирования земной коры и верхней мантии в Восточной Сибири // Региональные сейсмические

исследования глубинного строения земной коры. — М., 1978. — С. 91—96: рис. — Совм. с др.

173. О взаимоотношении нижнего и среднего девона на севере горного Алтая // Геология и геофизика. — 1978. — № 8. — С. 24—32: рис. — Рез.: англ. Библиогр.: 10 назв. — Соавт.: Ермиков В.Д., Сенников Н.В.

174. Deep structure of the Baikal and other continental rift zones from seismic data // Tectonophysics. — 1978. — Vol. 45, N 1. — P. 15—22. — In coll. with oth.

1979

175. Временные поля отраженных волн и метод эффективных параметров. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979. — 294 с.: рис., табл. — (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР. Вып. 423). — Библиогр.: 71 назв.

176. Современное состояние и направления развития сейсмических методов при поиске и разведке полезных ископаемых // Методика и техника сейсморазведки: Материалы VIII Всесоюз. науч.-техн. геофиз. конф., Тюмень, 23—25 нояб. 1976 г. — М., 1979. — С. 3—8. — Совм. с др.

177. Использование различных типов волн в сейсмической разведке // Там же. — С. 13—18: рис. — Совм. с др.

178. Решение кинематических задач сейсморазведки с применением ЭВМ и возможности пространственной интерпретации // Там же. — С. 22—27: рис. — Соавт.: Готов О.К., Гольдин С.В.

179. Изучение сложнопостроенных сред сейсмическим методом отраженных волн // Там же. — С. 64—69: рис. — Совм. с др.

180. Комплексное использование продольных, поперечных и обменных волн в сейсморазведке. (Состояние проблемы и направление дальнейших исследований) // Совместное использование продольных и поперечных волн в сейсморазведке: (Тез. докл. семинара в Коканде, 23—25 окт. 1979 г.). — М., 1979. — С. 3—4. — Соавт.: Бродов Л.Ю., Ведерников Г.В.

181. Алгоритмы цифровой обработки и интерпретации материалов продольных и поперечных волн // Там же. — С. 34—35. — Соавт.: Нефедкина Т.В.

182. Особенности поляризации волн различных типов // Там же. — С. 38—39. — Совм. с др..

183. Сейсмические исследования методом поперечных волн для решения задач прогнозирования геологического разреза // Сборник докладов СЭВ. — Б.м., 1979. — С. 111—124. — (Тр. метод. семинара, Брно, ЧССР). — Совм. с др.

184. New data from explosion seismology in the Baikalian rift zone // Tectonophysics. — 1979. — Vol. 56, N 1-2. — P. 128. — In coll. with oth.

185. Новые методы сейсмических исследований земной коры и верхней мантии // За науку в Сибири. — 1979. — № 12. — С. 4—5. — Совм. с др.

1980

186. Состояние и перспективы развития региональных геофизических исследований в Сибири // IX Всесоюзная научно-техническая геофизическая конференция (Красноярск, 1—3 окт. 1980 г.). Секция: Изучение регионального строения нефтегазовых и горнорудных провинций геофизическими методами: (Тез. докл.). — М., 1980. — С. 3. — Совм. с др.

187. Геофизические исследования сейсмоактивных районов Восточной Сибири и БАМа в помощь их сейсмораионированию // Там же. — С. 13—15. — Совм. с др.

188. Система сбора, передачи и обработки информации для метода объемной динамической сейсморазведки при поисках нефти и газа в условиях сложнопостроенных геологических сред // Там же. — С. 45—47. — Совм. с др.

189. Комплексное использование волн различных типов в сейсморазведке // IX Всесоюзная научно-техническая геофизическая конференция (Красноярск, 1—3 окт. 1980 г.). Состояние и пути повышения эффективности геофизических работ в Сибири и на Дальнем Востоке. Симпозиум: Сейсморазведка: (Тез. докл.). — М., 1980. — С. 10—12. — Соавт.: Бродов Л.Ю., Ведерников Г.В.

190. Геофизические исследования глубоководных толщ платформенного чехла и палеозойских отложений Западно-Сибирской плиты // Геофизика. Геология и катастрофические природные явления. Геология континентальных окраин. — М., 1980. — С. 31—37: рис. — (Международ. геол. конгр., XXVI сес.: Докл. сов. геологов). — Рез.: англ. — Библиогр.: 3 назв.

191. Исследование упрощенной модификации траншейного источника поперечных волн // Геология и геофизика. — 1980. — № 8. — С. 69—79: рис., табл. — Рез.: англ. — Библиогр.: 8 назв. — Совм. с др.

192. Развитие метода поперечных волн и проблема многоволновой сейсморазведки // Геология и геофизика. — 1980. — № 10. — С. 13—26: рис. — Рез.: англ. Библиогр.: 16 назв. — Соавт.: Бродов Л.Ю., Ведерников Г.В.

193. Экспериментальные данные о распространении и возбуждении поперечных волн в водонасыщенных отложениях // Геология и геофизика. — 1980. — № 12. — С. 86—94: рис. — Рез.: англ. — Библиогр.: 7 назв. — Соавт.: Куликов В.А.

194. Ред.: Клем-Мусатов К.Д. Теория краевых волн и ее применение в сейсмике / Отв. ред. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1980. — 296 с. — (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР; Вып. 355).

1981

195. Возбуждение поперечных сейсмических волн импульсными источниками: Метод. рекомендации / Сост. — Новосибирск: Ин-т геологии и геофизики СО АН СССР, 1981. — 192 с.: рис., табл. — Библиогр.: 83 назв. — Совм. с др.

196. Развитие метода поперечных и обменных волн // Развитие сейсмических методов исследований земной коры и верхней мантии в Сибири: Сб. науч. тр. — Новосибирск, 1981. — С. 68—93: рис., табл. — Библиогр.: 23 назв. — Совм. с др.

197. Обобщенные поля времен и их использование в сейсморазведке // Там же. — С. 124—136: рис. — Библиогр.: 3 назв. — Соавт.: Лебедева Г.Н.

198. Кинематика сейсмических волн // Сейсморазведка: Справ. геофизика. — М., 1981. — С. 81—144. — Соавт.: Оболенцева И.Р.

199. Прямые поиски нефти и газа и их применение в Сибири // Геология и геофизика. — 1981. — № 4. — С. 3—15: рис., табл. — Рез.: англ. — Библиогр.: 12 назв. — Соавт.: Трофимук А.А., Мандельбаум М.М., Сурков В.С.

200. Использование временных полей $t(X, l)$ отраженных волн для обработки сейсмических данных // Геология и геофизика. — 1981. — № 10. — С. 90—99: рис. — Рез.: англ. Библиогр.: 4 назв. — Соавт.: Гарин В.П., Лебедева Г.Н.

201. Обобщенные временные поля головных волн // Геофиз. журн. — 1981. — № 1. — С. 41—49: рис. — Рез.: англ. — Библиогр.: 5 назв.

202. Ред.: Возбуждение поперечных сейсмических волн импульсными источниками: Метод. рекомендации. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1981. — 192 с.

203. Ред.: Гик А.Д. Акустическая голография / Отв. ред. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1981. — 64 с.

204. Ред.: Недра Байкала (по сейсмическим данным). — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1981. — 104 с. — Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР; Вып. 490).

205. Ред.: Развитие сейсмических методов исследований земной коры и верхней мантии в Сибири: Сб. науч. тр. / Отв. ред. — Новосибирск: Ин-т геологии и геофизики СО АН СССР, 1981. — 166 с.

1982

206. Развитие методов сейсмических исследований, основанных на регистрации поперечных и обменных волн. — М.: Б.и. 1982. — 52 с.

207. Использование вибрационных источников в методе поперечных волн // Вибросейсмические методы исследования Земли: (Материалы Всесоюз. конф.). — Новосибирск, 1982. — С. 18—26: рис. — Библиогр.: 4 назв. — Совм. с др.

208. О рациональной методике региональных сейсмических исследований в Сибири // Геофизические методы в региональной геологии. — Новосибирск, 1982. — С. 22—28. — (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР; Вып. 543). — Библиогр.: 6 назв. — Соавт.: Крылов С.В., Кузнецов В.А.

209. Развитие методов поперечных и обменных волн в сейсморазведке // Развитие идей Гамбургцева в геофизике. — М., 1982. — С. 132—177: рис. — Библиогр.: 107 назв.

210. Развитие представлений о годографах и полях времен // Изв. АН СССР. Физика Земли. — 1982. — № 10. — С. 5—10: рис. — Библиогр.: 10 назв.

211. Создание и производственное внедрение новых высокоэффективных методов сейсмической разведки полезных ископаемых // Геология и геофизика. — 1982. — № 12. — С. 81—97: рис. — Библиогр.: 40 назв. — Совм. с др.

212. Результаты региональных сейсмических исследований в Сибири // Там же. — С. 97—107: рис., табл. — Рез.: англ. — Библиогр.: 15 назв. — Совм. с др.

213. Ред.: Геофизические методы в региональной геологии / Отв. ред. Н.Н. Пузырёв, В.С. Сурков. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982. — 157 с. — (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР; Вып. 543).

1983

214. Использование вибрационных источников в методе поперечных волн // Вибросейсмические методы исследования Земли: Сб. ст. — Б.м., 1983. — С. 18—25. — (Материалы Всесоюз. конф.). — Совм. с др.

215. Экспериментальные исследования анизотропии скоростей в осадочных отложениях по наблюдениям на поперечных волнах // Геология и геофизика. — 1983. — № 11. — С. 8—19: рис. — Рез.: англ. — Библиогр.: 13 назв. — Соавт.: Оболенцева И.Р., Тригубов А.В., Горшкалев С.Б.

216. Ред.: Гик А.Д. Сейсмическое моделирование сложнопостроенных структур / Отв. ред. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983. — 117 с. — (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР; Вып. 564).

217. Ред.: Структурно-вещественные комплексы и тектоника / Чл. редкол. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983. — 189 с.

218. А.с. 1029115. Способ возбуждения поперечных сейсмических волн. — № 3381556/18-25; Заявл. 8.01.82; Оpubл. 15.07.83 // Открытия, изобрет. — 1983. — № 26. — С. 155. — Совм. с др.

219. Глубинное геологическое строение и геодинамика литосферы территории СССР // XXVII Международный геологический конгресс, СССР, Москва, 4—14 авг. 1984 г.: Тезисы. — М., 1984. — С. 178—179. — (Vol. 9, pt. 1. Spec. ses. Int. «Lithosphere» progr. Colloquia 01 to 06). — На англ. и рус. яз. — Совм. с др.

220. То же // Геология Советского Союза. — М., 1984. — С. 15—26: рис. — (XXVII Междунар. геол. конгр. СССР, Москва, 4—14 авг. 1984 г. Коллоквиум К. 01: Доклады; Т. 1). — Библиогр.: 15 назв. — Совм. с др.

221. Deep crystal structure and geodynamics of the lithosphere of the USSR territory // 27th International Geological Congress, Moscow, 4—14 Aug. 1984/ Geology of the USSR. Colloquium 01. Reports. — М., 1984. — Vol. 1. — P. 18-31: fig. — Bibliogr.: 15 ref. — In coll. with oth.

222. Миграция отражающих точек в системах ОГТ обменных PS волн // Геология и геофизика. — 1984. — № 11. — С. 83—91: рис., табл. — Рез.: англ. — Библиогр.: 4 назв. — Соавт.: Лебедева Г.Н.

223. Ред. Аверко Е.М., Максимов Л.А. Моделирование сейсмических полей и способов их обработки / Отв. ред. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1984. — 85 с. — (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР; Вып. 572).

224. Ред.: Геология и сейсмичность зоны БАМ (от Байкала до Тынды). Глубинное строение / Отв. ред. Н.Н. , М.М. Мандельбаум. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1984. — 173 с.

1985

225. Сейсмическая разведка методом поперечных и обменных волн. — М.: Недра, 1985. — 277 с.: рис., табл. — Библиогр.: 50 назв. — Совм. с др.

226. Экспериментальное изучение анизотропии осадочных пород в районе соляных куполов // Многоволновая сейсморазведка: Тез докл. Всесоюзн. совещ., 3—6 сент. 1985 г. — Новосибирск, 1985. — С. 35. — Соавт.: Горшкалев С.Б., Оболенцева И.Р., Тригубов А.В.

227. Опробование новых модификаций источников поперечных волн // Там же. — С. 66—67. — Соавт.: Куликов В.А., Тригубов А.В.

228. Исследование направленности источников поперечных сейсмических волн средствами физического моделирования // Геология и геофизика. — 1985. — № 5. — С. 66—75: рис., табл. — Рез.: англ. Библиогр.: 7 назв. — Соавт.: Бобров Б.А., Гик Л.Д., Тригубов А.В.

229. Ред.: Многоволновая сейсморазведка: Тез. докл. Всесоюз. совещ., 3—6 сент. 1985 г. / Отв. ред. — Новосибирск: Ин-т геологии и геофизики СО АН СССР, 1985. — 148 с.

230. Ред.: Ризниченко Ю.В. Сейсморазведка слоистых сред / Отв. ред. — М.: Недра, 1985. — 184 с.

1986

231. Теоретические и экспериментальные исследования поперечных и обменных волн // Сборник докладов научно-практической конференции, посвященной 10-летию сотрудничества стран — членов СЭВ. — М., 1986. — С. 218—226. — Соавт.: Ведерников Г.В., Мехед А.П.

232. Многоволновая сейсморазведка при решении задач ПГР в Западной Сибири // Геология и геофизика. — 1986. — № 1. — С. 119—129: рис. — Рез.: англ. — Библиогр.: 10 назв. — Соавт.: Ведерников Г.В.

233. Общая характеристика сейсмических исследований при изучении геологических объектов // Геология и геофизика. — 1986. — № 2. — С. 3—11: табл. — Рез.: англ.

234. Особенности годографов ОГТ-PS при различных способах их формирования // Там же. — 1986. — № 4. — С. 69—76: рис. — Рез.: англ. — Библиогр.: 3 назв. — Соавт.: Лебедева Г.Н.

235. В глубинах Земли: На соиск. Гос. премии СССР // Правда. — 1986. — 8 сент. — Соавт.: Алексеев А., Трофимук А.

236. Диктует логика развития науки // Наука в Сибири. — 1986. — № 18. — С. — 6—7.

237. Ред.: Уайт Д.Э. Возбуждение и распространение сейсмических волн: Пер. с англ. — М.: Недра, 1986. — 264 с.

1987

238. О проблеме многоволновых сейсмических исследований // Многоволновые сейсмические исследования: [Сб. материалов Всесоюз. совещ. по многоволновой сейсморазведке, Новосибирск, сент. 1985 г.]. — Новосибирск, 1987. — С. 3—6.

239. Экспериментальное опробование новых способов возбуждения поперечных волн // Там же. — С. 11—15: рис. — Библиогр.: 7 назв. — Соавт.: Куликов В.А., Тригубов А.В.

240. Тридцать лет геолого-геофизических исследований в Сибирском отделении АН СССР // Геология и геофизика. — 1987. — № 5. — С. 3—14. — Совм. с др.

241. К вопросу разделения преломленных волн на головные и рефрагированные // Там же. — 1987. — № 12. — С. 65—73: рис. — Рез.: англ. Библиогр.: 9 назв.

242. Ред.: Алгоритмические проблемы обработки данных сейсморазведки: Сб. науч. тр. / Отв. ред. — Новосибирск: Ин-т геологии и геофизики СО АН СССР, 1987. — 123 с.

243. Ред.: Многоволновые сейсмические исследования: [Сб. материалов Всесоюз. совещ. по многоволновой сейсморазведке, Новосибирск,

сент. 1985 г.]. / Отв. ред. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1987. — 213 с.

1988

244. Прямой поиск углеводородов геофизическими методами. — М.: Наука, 1988. — 160 с.: рис., табл. — (Акад. чтения). — Библиогр.: 16 назв. — Совм. с др.

245. Система регионального изучения земной коры и верхней мантии СССР и основные указания по проведению геолого-геофизических работ на опорных геофизических профилях // Прогноз землетрясений. — Душанбе; М., 1988. — № 10. — С. 7—21: рис.

246. Лабораторное сейсмо моделирование применительно к условиям Сибирской платформы // Моделирование задач сейсморазведки: Сб. науч. тр. — Новосибирск, 1988. — С. 5—60: рис., табл. — Библиогр.: 15 назв. — Соавт.: Гик Л.Д., Орлов Ю.А.

247. Характеристика двукратных отраженных обменных волн для простых сред // Там же. — С. 97—125: рис. — Библиогр.: 5 назв. — Соавт.: Лебедева Г.Н.

248. Редуцированные годографы отраженных волн // Геология и геофизика. — 1988. — № 4. — С. 102—108: рис. — Рез.: англ.

249. О некоторых вопросах методики сейсморазведки методом отраженных волн // Там же. — 1988. — № 11. — С. 112—117. — Рез.: англ.

250. Ред.: Математические проблемы интерпретации данных сейсморазведки / Отв. ред. Н.Н. Пузырев, С.В. Гольдин. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. — 223 с. — (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР; Вып. 704).

251. Предисловие // Там же. — С. 3—4. — Соавт.: Гольдин С.В.

252. А.с. 1446561. Ультразвуковой способ определения коэффициента затухания звука в образцах материала. — № 4283980/25-28; Заявл. 29.04.87; Опубл. 23.12.88 // Открытия, изобрет. — 1988. — № 47. — С. 210. Соавт.: Ушаков Г.Д., Шутуров С.В., Ушаков М.Г.

1989

253. Ред.: Структурно-вещественный комплекс Юго-Восточной Тувы: Сб. науч. тр. — Новосибирск: Б.и., 1989. — 159 с.

1992

254. Методы сейсмических исследований. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1992. — 236 с.: рис., табл. — Библиогр.: 142 назв.

255. Об особенностях и составе сейсмической информации // Геология и геофизика. — 1992. — № 4. — С. 80—90. — Рез.: англ.

256. К вопросу о сближении (конвергенции) годографов отраженных волн // Там же. — 1992. — № 6. — С. 92—100. — Соавт.: Хогоев Е.А.

1993

257. Основные проблемы нефтяной геофизики // Задачи вычислительной геологоразведки: Сборник. — Б.м., 1993. — С. 24—37. — Совм. с др.

258. Связь между предельными эффективными и средними скоростями // Геология и геофизика. — 1993. — № 1. — С. 127—132. — Рез.: англ. — Библиогр.: 6 назв.

259. Ред.: Детальные сейсмические исследования литосферы на *P*- и *S*-волнах / Отв. ред. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1993. — 199 с.

260. А.с. 1804633. Устройство для возбуждения сейсмических колебаний. — № 4896574/25; Заявл. 26.12.90; Оpubл. 23.03.93 // Изобретения. — 1993. — № 11. — С. 232. — Соавт.: Куликов В.А.

1994

261. О соотношениях между интегральными кинематическими параметрами для вертикально-неоднородной среды // Геология и геофизика. — 1994. — Т. 35, № 3. — С. 80—90: рис., табл. — Рез.: англ. — Библиогр.: 8 назв. — Соавт.: Гарин В.П.

1995

262. Исследование точности изображений в задачах сейсмостратиграфии // Результаты работ по межведомственной региональной научной программе «Поиск» за 1992—1993 г.г. — Новосибирск, 1995. — Ч 2. — С. 142—148. — Библиогр.: 5 назв. — Соавт.: Гарин В.П., Яшков Г.Н.

1996

263. Повышение разрешенности сейсмических импульсов в методе отраженных волн применительно к задачам сейсмографии // Геология и проблемы поисков новых крупных месторождений нефти и газа в Сибири: Результаты работ по межвед. регион. науч. прогр. «Поиск» за 1994 г. — Новосибирск, 1996. — Ч. 2. — С. 70—74. — Соавт.: Гарин В.П., Яшков Г.Н.

264. Об этапах развития и проблемах структурной сейсмологии // Геология и геофизика. — 1996. — Т. 37, № 9. — С. 3—13: рис. — Библиогр.: 33 назв.

265. О некоторых проблемах современной технологичной сейсморазведки // Геофизика. — 1996. — № 5—6. — С. 10—14.

266. Пат. 2053526 РФ. Устройство для возбуждения сейсмических волн. — № 5057662/25; Заявл. 5.08.92; Оpubл. 27.01.96. // Изобретения. — 1996. — № 3. — С. 280. — Соавт.: Куликов В.А.

1997

267. Методы и объекты сейсмических исследований. Введение в общую сейсмологию. — Новосибирск: Изд-во СО РАН; НИЦ ОИГГМ, 1997. — 301 с. — (Тр. ОИГГМ СО РАН; Вып. 827). — Библиогр.: С. 291—299.

1998

268. Изучение кратных обменных отраженных волн методами моделирования и натурного эксперимента // Геология и геофизика. — 1998. — Т. 39, № 5. — С. 657—672: рис. — Библиогр.: 12 назв. — Соавт.: Баянов А.С., Бобров Б.А., Лебедева Г.Н.

269. Мы стоим у предельной черты: Открытое письмо сиб. ученых Президенту РФ Б.Н. Ельцину // Сов. Россия. — 1998. — 25 июня. — Совм. с др.; Поиск. — № 26. — С. 14. — Совм.с др.

1999

270. Записки геофизика. — Новосибирск: Изд-во СО РАН; НИЦ ОИГГМ, 1999. — 226 с.

271. Элементы методики дифференциальных сейсмических зондирований // Изв. РАН. Физика Земли. — 1999. — № 7-8. — С. 65—73: рис. — Библиогр.: 16 назв.

272. К вопросу о геофизической терминологии // Геология и геофизика. — 1999. — Т. 40, № 5. — С. 26—29: портр. — Библиогр.: 17 назв.

273. Некоторые замечания о путях развития сейсмических методов // Там же. — 1999. — № 6. — С. 3—5: портр.

2000

274. О некоторых проблемах общей сейсмологии // Геология и геофизика. — 2000. — Т. 41, № 11. — С. 1487—1491.

2001

275. Записки геофизика. — 2-е изд., перераб. и доп. — Новосибирск: Изд-во Ин-та мат., 2001. — 245 с.

276. О моделях в разведочной сейсмологии // Геология и геофизика. — 2001. — Т. 42, № 5. — С. 10—19: портр. — Библиогр.: 26 назв.

ЖИЗНЬ Н.Н. ПУЗЫРЁВА В ДОКУМЕНТАХ И ФОТОГРАФИЯХ



Первый опыт работ ГСЗ в Сибири. Руководитель Н.Н. Пузырёв (слева в шляпе) изучает сейсмические условия проведения исследований, Иркутская область. 1961 г.

*«Пузырёвские бдения».
Обсуждение результатов
экспериментов с сотрудни-
ками ИГиГ и СибГЭ.
Слева направо:
гл. инж. СибГЭ И.Ю. Недаш-
ковский, А.В. Тригубов,
К.А. Лебедев, Н.Н. Пузырёв,
инж. СибГЭ В. Худякова и
В.А. Куликов, пос. Мунайлы,
Казахстан, 1975 г.*



Обозр $\gamma = \frac{V_s}{V_p}$ с помощью. Пурассонсб

$$\sigma = \frac{1 - 2\gamma^2}{2(1 - \gamma^2)} = \frac{\cos 2\alpha}{2\cos^2 \alpha}, \text{ если } \gamma = \sin \alpha; \gamma = \sqrt{\frac{1 - 2\sigma}{2(1 - \sigma)}}$$

Таблица

γ	σ	γ	σ	γ	σ
0	0.5000	0.26	0.4637	0.52	0.3147
0.05	.5000	.27	.4607	.53	.3047
0.062	.4998	.28	.4575	.54	.2942
0.073	.4995	.29	.4541	.55	.2832
0.084	.4992	.30	.4505	.56	.2716
0.095	.4987	.31	.4468	.57	.2594
0.106	.4982	.32	.4430	.58	.2465
0.117	.4975	.33	.4389	.59	.2330
0.128	.4968	.34	.4346	0.60	0.2188
0.139	.4959	.35	.4302	.61	.2037
0.150	0.4949	.36	.4256	.62	.1878
0.161	.4939	.37	.4207	.63	.1710
0.172	.4927	.38	.4156	.64	.1531
0.183	.4914	.39	.4103	.65	.1342
0.194	.4900	0.40	0.4048	.66	.1141
0.205	.4885	.41	.3990	.67	.0927
0.216	.4869	.42	.3929	.68	.0699
0.227	.4851	.43	.3866	.69	.0456
0.238	.4833	.44	.3800	0.70	0.0206
0.249	.4813	.45	.3730	0.707 = $\frac{1}{\sqrt{2}}$	0
0.260	0.4792	.46	.3658		
0.271	.4769	.47	.3582		
0.282	.4746	.48	.3503		
0.293	.4721	.49	.3420		
0.304	.4694	0.50	0.3333		
0.315	.4667	.51	.3242		

9.03.80

Составление по карте на лист 19807.

1. По условиям программы.

- а) Вспомогательные и част. асsemblи не сохр. (перечисл. материалов не вст. в отчет) (в т.ч. не вст. в отчет) (в т.ч. не вст. в отчет) (в т.ч. не вст. в отчет).
- б) Отчеты с указанием перечисл. СП на ~~свое~~ время (проб) проб (срок без учета с име. матери. проб).
- в) Сроки проб. Указание СП не встало с перечисл. материалов. Д.Т. не встало в отчет, копировать СП.
- г) СП не сохр., но список 9 1-2 СП записи в отчет указав в поле места проб. Проб-ли в форме перечисл. проб и материалов? Д.Т. проб-ли не встало в отчет, копировать проб в отчет не встало в отчет по срокам (копир. СП).
- д) Отчеты с указанием СП не встало в отчет. Материалы (вкл. копировать) встало в отчет с перечисл. материалов. Д.Т. материалы встало в отчет. Проб, проб и. копии встало в отчет.

СССР — НКУП
Г.У.У.З.

ЛЕНИНГРАДСКИЙ
ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

ЗАЧЕТНАЯ КНИЖКА



Группа научных сотрудников Сибирского отделения АН СССР, награжденных орденами СССР. Второй ряд, пятый справа Н.Н. Пузырёв. Рядом академики С.А. Соболев, А.А. Трофимук. г. Москва. Кремль. 1967 г.



*Николай Никитович
с Ириной Петровной Косминской.*



*Николай Никитович
осматривает деформацию
сдвига земной коры,
отчетливо заметную
на шоссе. Амплитуда
смещения более 0,5 м.
Пригород Сан-Франциско.
США. 1977 г.*



Президент АН СССР А.П. Александров знакомится с материалами достижений СО АН СССР по разделу наук о Земле в конференц-зале ИГиГ. Слева направо: в первом ряду А.П. Александров, А.А. Трофимук, Н.Н. Пузырёв. Новосибирск, Академгородок, 1976 г.



Выставка достижений СО АН СССР в Доме Ученых. Знакомство с геофизикой. Рассказывает Н.Н. Пузырёв. Слева направо: чл.-корр АН СССР Н.Н. Пузырёв, акад. Ю.А. Кузнецов, акад. А.А. Трофимук, Е.А. Козловский – министр геологии СССР, Новосибирск, Академгородок, 1980 г.



Перед началом заседания диссертационного совета. Слева направо: Э.Э. Фотиади, С.В. Крылов, Н.Н. Пузырёв – председатель совета, спиной — референт Л.А. Волкова, Новосибирск, Академгородок, 1980 г.

Оценка перспектив нефтегазоносности Восточной Сибири.

*Слева направо:
акад. Н.В. Соболев.,
член-корр. Э.Э. Фотиади.,
акад. А.А. Трофимук., акад.
В.А. Кузнецов., акад.
Н.Н. Пузырёв,
Академгородок, 1984 г.*

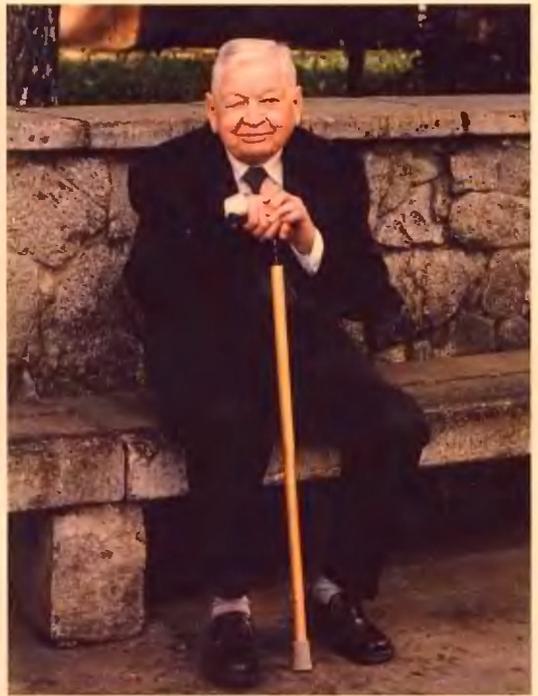




*Штаб программы «Сибирь» в кабинете директора ИГиГ им. 60-летия Союза ССР.
Слева направо: член-корр. В.А. Налимов, акад. Ю.А. Косыгин, акад. Н.Л. Добрецов,
акад. А.А. Трофимук, акад. Н.Н. Пузырёв, акад. А.А. Конторович, акад.
А.Л. Янин, акад. Н.А. Логачев. Стоят: член-корр. Г.И. Грицко, акад. В.С. Сурков,
член-корр. Б.А. Соколов, член-корр. Ч.Б. Борукбаев, член-корр. Г.В. Поляков.*



*Заслуженные геофизики-ветераны в день 50-летия Победы.
Слева направо: С.В. Крылов, К.А. Лебедев, Н.Н. Пузырёв, С.В. Гольдин,
С.М. Жданов, Новосибирск, Академгородок, 1995 г.*



Мудрейший. 2004 г.



Геофизики Китая в гостях у Н.Н. Пузырёва. Новосибирск, Академгородок, 2002 г.



*Друзья-академики.
Н.Н. Пузырёв и А.Э. Конторович.*



*Руководители геологической науки Сибири.
Слева направо в первом ряду академики РАН: А.Э. Конторович, Н.Н. Пузырёв,
Н.Л. Добрецов, Н.Л. Соболев, В.В. Ревердатто, С.В. Гольдин. Во втором ряду:
члены-корреспонденты РАН: Г.И. Грицко, А.В. Каныгин, М.И. Эпов, В.А. Верников-
ский, С.В. Шацкий, Г.В. Поляков, Новосибирск. Академгородок. 2003 г.*



Министерство Культуры СССР

ВЫСШАЯ АТТЕСТАЦИОННАЯ
КОМИССИЯ

ДИПЛОМ
КАНДИДАТА НАУК



МК-ТН № 000629

Москва 24 ноября 1953 г.



Решением

Света Лурия-исследовательского института геофизики и космических исследований

от 24 ноября 1953 г. (протокол №)

Лузыреву Николаю Никитовичу

ПРИСУЖДЕНА УЧЕНАЯ СТЕПЕНЬ КАНДИДАТА
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК



Председатель
Совета

Томашков

Ученый Секретарь
Совета

Н. Д. Ильин



СССР

Министерство Высшего Образования

ВЫСШАЯ АТТЕСТАЦИОННАЯ
КОМИССИЯ

АШШЕСШАШ
СТАРШЕГО НАУЧНОГО
СОТРУДНИКА



МСН № 000307

Москва 14 марта 1955 г.



Решением
Высшей Аттестационной Комиссии

от 14 марта 1955 г. (протокол № 11)

Музырев Николай Никитович

УТВЕРЖДЕН В УЧЕНОМ ЗВАНИИ
СТАРШЕГО НАУЧНОГО СОТРУДНИКА
ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ

"физическая геофизика"



Председатель Высшей
Аттестационной Комиссии

Ученый Секретарь Высшей
Аттестационной Комиссии

[Signature]
[Signature]

**ДИПЛОМ
ДОКТОРА НАУК**



МТН № 000253

Москва *17 мая 1961 г.*



АКАДЕМИЯ НАУК
Союза Советских
Социалистических Республик
на основании Устава Академии Наук СССР

ИЗБРАЛА

Николая Никитовича
ПУЗЫРЕВА

ЧЛЕНОМ-КОРРЕСПОНДЕНТОМ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

по Отделению наук о Земле
на вакансию для Сибирского отделения
1 июля 1966 г.

Президент
Академии Наук
СССР

Менделеев

И. о. главного ученого секретаря
Президиума Академии Наук
СССР

[Signature]



№ 670





Министерство высшего
и среднего специального образования
СССР

ВЫСШАЯ АТТЕСТАЦИОННАЯ
КОМИССИЯ

А П П Е С П А П
П Р О Ф Е С С О Р А



МПР № 012212

Москва 16 мая 1969 г.

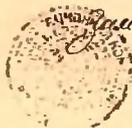


Решением
Высшей Аттестационной Комиссии

от 16 мая 1969 г. (протокол № 5/4 У)

Лузгирев Николай Никитович

УТВЕРЖДЕН В УЧЕНОМ ЗВАНИИ ПРОФЕССОРА
ПО КАФЕДРЕ
"гнозисика"



Председатель Высшей
Аттестационной Комиссии

Ученый Секретарь Высшей
Аттестационной Комиссии

М. Жуков
Венков



АКАДЕМИЯ НАУК СССР

АКАДЕМИЯ НАУК
Союза Советских
Социалистических Республик
на основании Устава Академии Наук СССР

ИЗБРАЛА

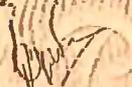
Николая Никитовича
ПУЗЫРЕВА

ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫМ ЧЛЕНОМ
АКАДЕМИИ НАУК СССР
(академиком)

по Отделению геологии, геофизики и геохимии
на вакансию для Сибирского отделения

26 декабря 1984 г.


Президент
Академии Наук
СССР


Главный научный секретарь
Президиума Академии Наук
СССР



№ 567



ПОСТАНОВЛЕНИЕМ ЦЕНТРАЛЬНОГО КОМИТЕТА КПСС
И СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР

от 3 ноября 1987 года

ПРИСУЖДЕНА

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПРЕМИЯ СССР

ПУЗЫРЕВУ Николаю Никитовичу, академику, заведующему лабораторией Института геологии и геофизики имени 60-летия Союза ССР Сибирского отделения Академии наук СССР, руководителю работы, ЛЕБЕДЕВУ Константину Александровичу, кандидату технических наук, ОБОЛЕНЦЕВОЙ Прише Романовне, тригубову Всеволодовичу, кандидатам геолого-минералогических наук, заведующим лабораториями, СИБИРЯКОВУ Борису Петровичу, кандидату физико-математических наук, старшему научному сотруднику, работникам того же института, ХУДОБИНОЙ Лидии Николаевне, кандидату технических наук, бывшему старшему научному сотруднику Царо-Фоминского отделения Всесоюзного научно-исследовательского института геофизических методов разведки, БРОДОВУ Леониду Юрьевичу, кандидату технических наук, заведующему лабораторией, КУЛИЧЕНКО Татьяне Николаевне, ведущему инженеру, сотруднику того же отделения, ВЕДЕРНИКОВУ Геннадию Васильевичу, кандидату технических наук, главному геологу Государственного производственного геофизического треста „Сибнефтегеофизика“, БЕРДЕННИКОВОЙ Наталье Ивановне, кандидату физико-математических наук, ВОЛНУ Артему Павловичу, кандидату геолого-минералогических наук, —

за цикл работ „Физико-геологические основы многоволновой сейсморазведки“, опубликованных в 1962—1985 годах.

Данный диплом выдан

ПУЗЫРЕВУ

Николаю Никитовичу

№ 19373

Ученый секретарь Комитета
по Ленинским и Государственным
премиям СССР
в области науки и техники
при Совете Министров СССР

В. Четвериков
(В. ЧЕТВЕРИКОВ)



МОСКВА



ДИПЛОМ

ПРЕЗИДИУМ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

постановлением от 21 июня 1994 года присудил

АКАДЕМИКУ

Николаю Никитовичу

ПУЗЫРЕВУ

ПРЕМИЮ имени Б. Б. ГОЛИЦЫНА

в размере 370 000 рублей

ЗА МОНОГРАФИЮ «МЕТОДЫ СЕЛЕКЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

ПРЕЗИДЕНТ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ВЛАДИМИР

ГЛАВНЫЙ УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ВЛАДИМИР



Ю. С. Осипов
Ю. С. Осипов

И. М. Маликов
И. М. Маликов

№ 1152

Москва



Б. Б. ГОЛИЦЫН
1862—1916

ВЫПИСКА ИЗ УКАЗА ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

от 29 сентября 1999 года

**«О ПРИСУЖДЕНИИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПРЕМИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
1999 ГОДА В ОБЛАСТИ НАУКИ И ТЕХНИКИ»**

Рассмотрев предложения Комиссии при Президенте Российской Федерации по Государственным премиям Российской Федерации в области науки и техники, Президент Российской Федерации постановил:

Присудить Государственную премию Российской Федерации в области науки и техники и присвоить звание лауреата Государственной премии Российской Федерации в области науки и техники:

п. 4. ПУЗЫРЕВУ Н.Н., академику, советнику при дирекции Объединенного института геологии, геофизики и минералогии Сибирского отделения Российской академии наук, — за монографию «Методы и объекты сейсмических исследований. Введение в общую сейсмологию».

НАСТОЯЩИЙ ДИПЛОМ ВЫДАН

ЛАУРЕАТУ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРЕМИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПУЗЫРЕВУ
Николаю Никитовичу

Председатель Комиссии при Президенте
Российской Федерации по Государственным
премиям Российской Федерации
в области науки и техники

Ученый секретарь Комиссии при Президенте
Российской Федерации по Государственным
премиям Российской Федерации
в области науки и техники



Ю.С. ОСИПОВ

В.Г. ЖУРАВЛЕВ

№ 1697

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. **Антонов Юрий Николаевич** — гл. научный сотрудник лаборатории электромагнитных полей, доктор техн. наук, профессор, ИНГГ СО РАН, Новосибирск.

2. **Ведерников Геннадий Васильевич** — зам. ген. директора ОАО «Сибнефтегеофизика», доктор геол.-мин. наук, лауреат Государственной премии СССР, председатель Сибирского отделения Евразийского геофизического общества, Новосибирск.

3. **Гик Леонид Давидович** — вед. научный сотрудник лаборатории физических проблем геофизики, профессор, ИНГГ СО РАН, Новосибирск.

4. **Гольдин Сергей Васильевич** (1936 — 2007 гг.) — академик РАН, профессор, доктор физ.-мат. наук; советник РАН.

5. **Караев Назим Алигейдарович** — гл. научный сотрудник, доктор геол.-мин. наук, профессор, ВНИГРИ, Санкт-Петербург.

6. **Кузнецов Василий Леонтьевич** — доктор геол.-мин. наук, ФГУП «СНИИГГиМС», Новосибирск.

7. **Куликов Вячеслав Александрович** — ст. научный сотрудник лаборатории многоволновой сейсморазведки, канд. тех. наук, доцент, ИНГГ СО РАН, Новосибирск.

8. **Лебедев Константи Александрович** (1929 — 2007 гг.) — канд. техн. наук; зав. лаборатории многоволновой сейсморазведки.

9. **Мандельбаум Марк Миронович** — гл. геолог ФГУП «Иркутскгеофизика», доктор геол.-мин. наук, профессор, Иркутск.

10. **Нефёдкина Татьяна Викторовна** — ст. научный сотрудник лаборатории прямых и обратных задач сейсмологии, канд. геол.-мин. наук, ИНГГ СО РАН, Новосибирск.

11. **Павлова Ольга Владимировна** — переводчик, в 1961—1973 гг. — ИГиГ СО АН СССР, Новосибирск.

12. **Пузырёв Лев Николаевич** — вед. инженер, ИТПМ СО РАН, сын Н.Н. Пузырёва, Новосибирск.

13. **Оболенцева Ирина Романовна** — гл. научный сотрудник лаборатории многоволновой сейсморазведки, доктор геол.-мин. наук, лауреат Государственной премии СССР, ИНГГ СО РАН, Новосибирск.

14. **Сибиряков Борис Петрович** — гл. научный сотрудник лаборатории многоволновой сейсморазведки, лауреат Государственной премии СССР, доктор физ.-мат. наук, профессор, ИНГГ СО РАН, Новосибирск.

13. **Суворов Владимир Дмитриевич** — зав. лабораторией региональной сейсморазведки и сейсмологии, доктор геол.-мин. наук, профессор, ИНГГ СО РАН, Новосибирск.

14. **Тригубов Аскольд Всеволодович** — лауреат Государственной премии СССР, в 1974—1992 гг. — зав. лаборатории многоволновой сейсморазведки ИГиГ СО АН СССР (СО РАН), доктор геол.-мин. наук, профессор, Новосибирск.