

УДК 550.3(092)

Е.И. ГАЛЬПЕРИН И РЕВОЛЮЦИЯ В СЕЙСМОРАЗВЕДКЕ В ПОСЛЕДНЕЙ ЧЕТВЕРТИ XX ВЕКА

А.Я. Сидорин

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта
РАН, г. Москва, Россия

Аннотация. Представлена краткая научная биография Евсея Иосифовича Гальперина — участника Великой Отечественной войны, доктора технических наук, профессора, общепризнанного во всем мире создателя нового, чрезвычайно эффективного метода сейсморазведки — вертикального сейсмического профилирования (ВСП). За создание и внедрение метода ВСП Е.И. Гальперин удостоен Золотой медали ВДНХ, звания Лауреата Государственной премии по науке и

технике, ордена «Знак Почета». Наряду с ВСП, Е.И. Гальперин разработал поляризационный метод сейсмических исследований, основанный на векторном, вместо использовавшегося ранее скалярного, анализе сейсмических волновых полей. Эти разработки привели к революционным изменениям в теории и практике сейсморазведки. Значительный вклад Е.И. Гальперин внес в становление метода глубинного сейсмического зондирования, особенно при ис-

пользовании его на море, разработку корреляционного метода изучения землетрясений. С именем Е.И. Гальперина неразрывно связано развитие в нашей стране скважинной сейсморазведки, он первым начал использовать скважинные наблюдения для мониторинга сейсмичности в районе крупных промышленных центров. Разработанный вместе с Г.А. Гамбурцевым корреляционный метод изучения землетрясений стал основой для создания сейсмических групп.

Ключевые слова:

Е.И. Гальперин, вертикальное сейсмическое профилирование, глубинное сейсмическое зондирование, сейсмоакустика, скважинные наблюдения.



Е.И. Гальперин (1920–1990)

«Я в действительности очень много и всегда с увлечением работал. И мне кажется, что я всегда занимался делом, которое меня неизменно увлекало... Меня ничто не пугало, никакие трудности быта и поездок. Я сам выбирал маршруты подлиннее и потруднее...»

Е.И. Гальперин, 1989 г. [3, с. 14]

В самом начале XX века князь Б.Б. Голицын — физик, труды которого лауреат Нобелевской премии М. Планк рассматривал как важный шаг на пути к появлению квантовой механики, создал принципиально новый тип сейсмографа, основанный на преобразовании движения механического маятника в электрический сигнал. Это привело к революционным преобразованиям в исследованиях землетрясений и стало началом создания современной сейсмологии [1–2]. С тех пор отечественные сейсмологи традиционно играют важную роль в развитии теоретической и прикладной сейсмологии, сейсморазведке.

В 1960–1980 годах работы другого отечественного ученого, Евсея Иосифовича Гальперина, стали причиной масштабных революционных изменений в теории и практике сейсморазведки. Созданные Е.И. Гальпериним принципиально новые методы

ВВЕДЕНИЕ

сейсморазведочных исследований — поляризационный (ПМ) и вертикального сейсмического профилирования (ВСП) — существенно расширили возможности сейсморазведки и вызвали в 1970–1980 годах настоящий бум в применении и развитии сейсморазведочных работ по всему миру.

Наряду с этими разработками, принесшими ему мировую известность, Е.И. Гальперин участвовал в становлении методов глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ), особенно велик его вклад в проведение ГСЗ на море. С именем Е.И. Гальперина неразрывно связано становление и развитие в СССР скважинной сейсмологии. Он предложил использовать скважинные наблюдения для мониторинга сейсмичности крупных промышленных центров и реализовал это предложение практически.

Настоящая статья об этом замечательном ученом и человеке написана в связи с 90-летием со дня его рождения и 70-летием со дня начала Великой Отечественной войны. Приуроченность к 70-летию начала Великой Отечественной войны связана с тем, что Е.И. Гальперин прежде чем стать выдающимся ученым участвовал в боевых действиях Великой Отечественной войны. В статье приводятся краткие биографические сведения Е.И. Гальперина и анализ основных его научных достижений. При этом широко используются материалы биографического очерка [3], воспоминаний вдовы Евсея Иосифовича — Риммы Михайловны Гальпериной [4], других материалов книги [5], а также семейного архива семьи Гальпериных, предоставленные автору Риммой Михайловной Гальпериной.

От рождения до окончания школы

Е.И. Гальперин родился 31 октября 1920 г. в г. Умани Киевской области. До 1914 г. семья жила в Лодзи и, спасаясь от бомбежек первой мировой войны, переехала к родным в г. Умань, где жила до 1930 г. Здесь родились самые младшие в семье: близнецы Евсей и Михаил. Матери было уже более сорока лет, а шестерым старшим детям больше десяти [3–4].

Семья жила тяжело. В поисках выхода переезжали к родным в разные места, около 3 лет прожили в Каменец-Подольске. В 1934 г. старший брат Евсея Адаш привез мать с сыновьями-близнецами в Москву, получив на авиазаводе две комнаты в общей

квартире. Дети успешно учились в школе при заводе в Тушино. В 1935 г. Адаша исключают из партии, увольняют с завода и отбирают одну комнату. Осталась одна комната, в углу стеклянной стенкой выгорожен угол для близнецов. В марте 1936 г. Адаша арестовали, а 5 октября расстреляли. Ему было 27 лет. Реабилитирован Адаш в 1958 г.

Семью выселили из квартиры, новые хозяева оставили близнецам-десятиклассникам «стекляшку» до окончания школы. Учитель по труду помогает находить приработок — ремонт квартир, обедают через день. Весной 1938 г. близнецы окончили школу с золотыми медалями.

Поступление в Московский геологоразведочный институт им. С. Орджоникидзе

Аттестат отличника давал право поступать в ВУЗ без экзаменов; братья-близнецы мечтали о физическом факультете Московского государственного университета, но там не дали общежития. Тогда Евсей поступил на геофизический факультет Московского геологоразведочного института им. Серго Орджоникидзе (МГРИ), который находился на Моховой улице, в самом центре Москвы. По мнению сокурсника

Е.И. Гальперина В.И. Курдюкова [6], Евсей был среди студентов одним из самых ярких дарований.

Стипендия была небольшая, приходилось подрабатывать — главным образом грузчиком на плодоовощной базе на Красной Пресне. Летом ездили в горы. В 1940 г. была летняя практика в Бахчисарае, оставившая яркие впечатления и удовлетворение от выбранной профессии.

Война, участие в боевых действиях

Осенью 1941 г. студент 4-го курса МГРИ Евсей Иосифович пошел добровольно в действующую армию. Сначала служил рядовым в кавалерии, в составе Оренбургского казачьего кавалерийского полка Южно-Уральской кавалерийской дивизии воевал на Юго-Западном и Брянском фронтах, много

раз выходил окружения. Полюбил лошадей и приобрел массу полезных навыков: научился заготавливать фураж, косить траву и т.п.

В 1944 г. Евсей Иосифович окончил Военно-топографическое училище в Горьковской области по специальности «фоторазведка переднего края противника» и ему



*2-й Украинский фронт, дер. Арманике, 1944 г.
Е.И. Гальперин второй слева в верхнем ряду. Подпись на обороте его рукой «Милой маме, покидая Родину»*



*Младший лейтенант
Е.И. Гальперин, 1944 г.*

было присвоено звание младшего лейтенанта, до конца Великой Отечественной войны служил в войсках 2-го Украинского фронта.

Р.М. Гальперина, вдова Евсея Иосифовича, вспоминала его рассказы об уличных боях в Будапеште, где он корректировал огонь артиллерии [4]. Бои были ожесточенные, улицы покрыты трупами.

В поисках крупномасштабных карт отряд фоторазведки после отступления немцев часто оказывался первым в освобожденных городах. Поэтому командному составу отряда выдавались документы, предоставлявшие весьма большие полномочия, свободу перемещений и действий. Один из таких документов, выданный Е.И. Гальперину, помещен в качестве иллюстрации к настоящей статье. Евсей Иосифович мечтал разыскать матерых нацистов, используя эти возможности.

Е.И. Гальперин был награжден орденами «Красной Звезды» и «Отечественной войны», медалями. Победу встретил в Вене в звании младшего лейтенанта. Был демобилизован в 1945 г. в звании лейтенанта.

По воспоминаниям Р.М. Гальпериной и друзей Евсея Иосифовича, он не любил говорить о горестных и тяжелых сторонах войны, иногда лишь рассказывал какие-то смешные эпизоды, очень тепло вспоминал однополчан, говорил, что из его сверстников с войны вернулся домой один из десяти. В День Победы Е.И. Гальперин часто приходил к зданию Московского геологоразведочного института, где у памятной доски с фамилиями сотрудников и студентов института, павших на фронте, вспоминал об однокурсниках и всегда повторял: «Погибли лучшие».



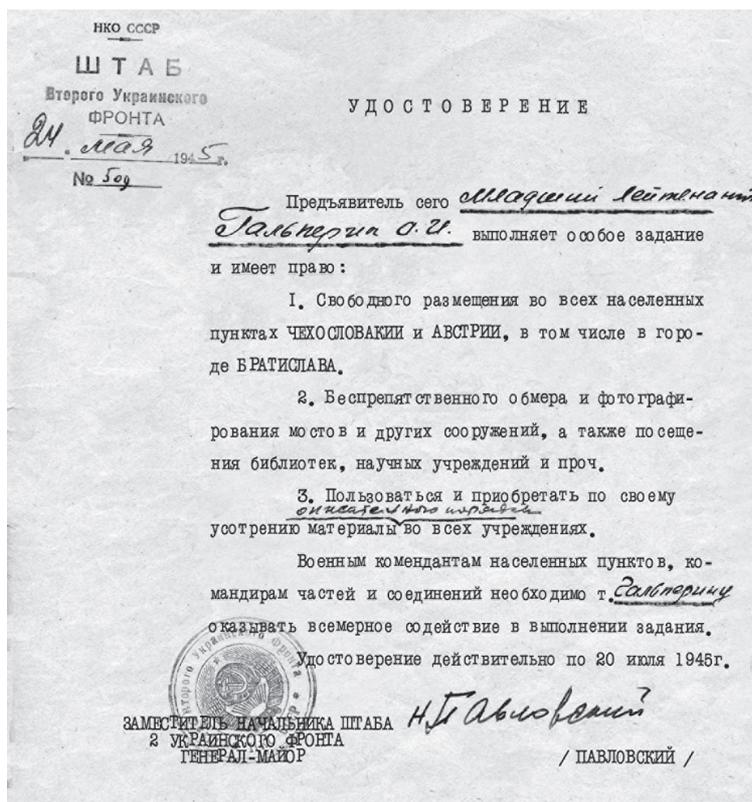
Е.И. Гальперин (первый слева) в Словакии, март 1945 г.



Е.И. Гальперин (стоит второй справа) в Южной Чехии, апрель 1945 г.



У памятной доски на здании МГРИ
им. С. Орджоникидзе



Удостоверение младшего лейтенанта Е.И. Гальперина
о выполнении особого задания

ВОЗОБНОВЛЕНИЕ УЧЕБЫ, НАЧАЛО НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Сразу после демобилизации Е.И. Гальперин восстановился в МГРИ и продолжил обучение на четвертом курсе. Жил в общежитии, где появилось много фронтовиков — бывших студентов МГРИ. «Он как-то сразу стал лидером», — написал о Гальперине в своих воспоминаниях Н.А. Караев [7, с. 55].

Научную деятельность Е.И. Гальперин начал еще студентом, в 1946 г. в Институте теоретической геофизики (ныне Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук), где работал до конца жизни. Его творческую судьбу во многом определило тесное общение с академиком Г.А. Гамбурцевым.

После получения информации о разработке в США атомной бомбы и особенно после ее применения в Японии в СССР стали форсировать выполнение разработки атомного оружия. Для выполнения научно-исследовательских и опытно-производственных геофизических работ, связанных с разведкой и добычей радиоактивных руд, была создана Геофизическая комплексная экспедиция (ГКЭ), руководителем которой был назначен Г.А. Гамбурцев.

Уже в мае 1946 г. начались крупные экспериментальные исследования возможно-

стей повышения детальности изучения рудных месторождений с помощью специально создаваемой для этого высокочастотной сейсморазведки. Исследования проводились в частотном диапазоне до 300–600 Гц; при глубинности исследований в первые сотни метров шаг составлял единицы и даже доли метра. Эксперименты проводились на рудных месторождениях Эстонии, Украины и Средней Азии, Е.И. Гальперин участвовал в полевых работах в Эстонии, где стояла задача выявления зон расположения прибалтийских сланцев с наибольшим содержанием урана.

Спустя несколько десятилетий Е.И. Гальперин написал об этой экспедиции 1946 г. и впечатлении, которое произвели на него полевые работы и личность Г.А. Гамбурцева, следующее: «Мне необычайно повезло. Мои первые трудовые годы прошли в тесном контакте с Г.А. Гамбурцевым. Я был студентом МГРИ и свою первую производственную практику проходил в 1946 году в Эстонской экспедиции, которой руководил Г.А. Гамбурцев и которая произвела на меня, недавно демобилизованного офицера, очень сильное впечатление. Я уже тогда понял, что ничем другим, кроме сейсмоки, заниматься не смогу» [8, с. 96].

Последующие десять лет с 1946 по 1955 гг., вплоть до момента скоропостижной смерти академика Г.А. Гамбурцева, Е.И. Гальперин работал под его непосредственным руководством, сначала в должности старшего лаборанта, а с 1949 г. — младшего научного сотрудника. Его отношение к учителю показывает следующая цитата: «Все последние 10 лет жизни Г.А. — с 1946 по 1955 гг. я имел счастье работать под его непосредственным руководством. Г.А. был научным руководителем моего диплома и кандидатской диссертации [8, с. 96].

Вспоминая работу с Г.А. Гамбурцевым, Е.И. Гальперин позже писал, что годы общения с Г.А. Гамбурцевым для него «остались самыми яркими и запечатлелись на всю жизнь» [8, с. 97]. Более того, контакты с Г.А. Гамбурцевым оказали значительное влияние на последующую научную деятельность Е.И. Гальперина: «Все последующие годы своей научной деятельности, занимаясь развитием методов экспериментального изучения сейсмических волн в реальных средах, нашедших впоследствии широкое применение как в Союзе, так и во всем мире, я в той или иной степени занимался развитием идей Г.А. [Гамбурцева] и всегда мысленно пытался оценить наши результаты его глазами» [8, с. 97].

Уже в эти первые годы трудовой деятельности проявилась удивительная одержимость Е.И. Гальперина наукой. Все его интересы были подчинены науке, возможность заниматься научными исследованиями — это счастье, считает Е.И. Гальперин: «Мне посчастливилось участвовать, а потом и быть первым исполнителем многих новых идей Г.А.» [8, с. 96].

Эта одержимость подтверждалась не только красивыми словами, но и весьма нестандартными поступками. Проиллюстрируем это двумя примерами из воспоминаний Е.И. Гальперина [8]. Первый из них связан с переносом сроков защиты диплома на год: «Весной 1948 года Г.А. начал готовить первые эксперименты по ГСЗ. Когда Г.А. предложил мне участвовать в них, я, конечно, согласился, хотя при этом был вынужден отказаться от защиты диплома. Уж очень заманчива была перспектива, образно и ярко нарисованная Г.А. Гамбурцевым, — применить сейсморазведку для изучения всей коры. Защита диплома состоялась годом позже» [8, с. 100].

Постановлением Совмина СССР от 8 апреля 1947 г. район работ ГКЭ был существенно расширен, в частности были предусмотрены работы в Средней Азии, а также в районе Кривого Рога, где ставилась задача исследований всей криворожской железнорудной структуры.

Полевой сезон 1947 г. Е.И. Гальперин начал, участвуя в качестве оператора в работах ГКЭ на радиоактивном месторождении в районе Кривого Рога. Но очень быстро, из-за недоразумений с оформлением допуска его к работам, Е.И. Гальперин был переведен под Москву и зачислен рабочим в подмосковную партию для выполнения совместных работ с К.К. Запольским [9], который разрабатывал частотно-избирательную сейсмическую станцию. С помощью разработанной станции проводились уникальные эксперименты по созданию методов высокочастотной сеймики и регистрации на частотах 200–300 Гц слабых взрывов на расстояниях до нескольких десятков метров. Евсей Иосифович в этих экспериментах был еще и оператором сейсмической станции.

Основные результаты этих исследований легли в основу дипломной работы Е.И. Гальперина «Высокочастотная сейсморазведка рудных месторождений», которую он успешно защитил в 1949 г.

Второй пример еще более впечатляющий, он связан с решением чрезвычайно важного для Е.И. Гальперина квартирного вопроса. Весной 1948 г. ему предложили двухкомнатную квартиру в г. Киеве, если он будет работать в тресте. «Г.А. знал, что у меня нет никакого жилья и однажды сказал: «Вы знаете, что я ничем пока не могу Вам помочь в вопросах жилья, но Вы не простите себе потом, если из-за жилья уйдете от нас». Я часто вспоминаю этот разговор, и хотя почти 10 лет не имел никакого жилья, очень благодарен Г.А. Гамбурцеву за этот совет. Кстати, Г.А. знал, что ночевать мне негде, кроме как на вокзале, и зимой выдал справку о том, что мне поручена проверка аппаратуры, работающей в стационарных условиях, и в связи с этим мне разрешается находиться в институте в любое время суток» [8, с. 106–108]. «По этой бумаге зимой 1949–50 гг. я часто поздно вечером возвращался в институт, доставал из шкафа спальный мешок и ложился на своем рабочем столе, как «дань, готовая земле». Конечно, никто из сотрудников об этом не знал, тогда мне казалось это постыд-

**Одержимость
наукой**



Е.И. Гальперин

ным. Теперь я уже этого не стыжусь...» [3, с. 12].

Вместо защиты дипломной работы и новоселья в двухкомнатной квартире в Киеве счастливый от полученной возможности снова заняться любимым делом Е.И. Гальперин летом 1948 г. принимал участие в проводившихся под руководством Г.А. Гамбурцева крупных исследованиях по созданию метода глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ). Перед экспедицией стояла задача записи в диапазоне 10–15 Гц сейсмических волн от взрыва сотен килограммов тротила на максимально возможном расстоянии от места взрыва. Предполагалось, что при удалении в сотни километров можно будет получать информацию о строении всей толщи земной коры. Как оказалось, именно Е.И. Гальперину удалось получить результат,

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ Е.И. ГАЛЬПЕРИНА, ПОЛУЧЕННЫЕ ПОД РУКОВОДСТВОМ Г.А. ГАМБУРЦЕВА

В 1949–1950 гг. работы по созданию основ метода ГСЗ Е.И. Гальперин продолжил в Северо-Тяньшаньской комплексной геофизической экспедиции. Работы велись на большой площади между Северными склонами Заилийского Ала-Тау и озером Балхаш по профилю, пересекающему Северный Тянь-Шань. Взрывы проводились в озерах Иссык-Куль и Балхаш. Это был по существу первый в мировой геофизической практике эксперимент по ГСЗ земной коры и верхней мантии.

ознаменовавший один из ключевых моментов становления этого метода исследований.

Сначала, в ходе подготовки к масштабным полевым исследованиям, Е.И. Гальперин в деревне Репихово под Москвой, недалеко от Абрамцево, осваивал первую отечественную серийную сейсмическую станцию ЭХО-1. Затем в качестве оператора этой станции вместе с О.Н. Сорохтиным работал на Кавказе, в Колхиде. Сначала экспедицию преследовали неудачи — не удавалось зарегистрировать сигнал даже при относительно небольшом удалении от источника сейсмических волн. Регистрация сигнала на расстоянии 20 км от взрыва стала важным событием, которое было отмечено с размахом — праздничным ужином.

После Ашхабадского землетрясения 5 октября 1948 г., разрушившего столицу Туркмении, руководитель работ Г.А. Гамбурцев был полностью поглощен этим событием. Поэтому операторы станции самостоятельно выбирали места регистрации. Успех пришел в самом конце полевого сезона: «...шестого ноября от последнего в этом сезоне взрыва была получена запись на расстоянии 144 км, рекордная в то время. Этим было положено начало развитию ГСЗ, ставшего основным методом региональных сейсмических исследований» [8, с. 102]. Жертвы в виде отказа от защиты дипломного проекта и двухкомнатной квартиры с лихвой окупались сознанием достигнутого успеха, внесшего заметный вклад в развитие наук о Земле.

«Я в действительности очень много и всегда с увлечением работал. И мне кажется, что я всегда занимался делом, которое меня неизменно увлекало... Меня ничто не пугало, никакие трудности быта и поездок. Я сам выбирал маршруты подлиннее и потруднее...», — записал Е.И. Гальперин за год до смерти в своем дневнике [3, с. 14].

Е.И. Гальперин был руководителем группы ГСЗ, общее руководство исследованиями осуществлял Г.А. Гамбурцев. Исследования имели и важную практическую направленность — изучение глубинного строения сейсмоопасных зон. Е.И. Гальперин, кроме руководства группой ГСЗ, работал и оператором на сейсмической станции. Н.И. Павленкова [10, с. 152], принимавшая непосредственное участие в полевых работах, пишет о Е.И. Гальперине: «Он относился к своей станции с трепетом, пускал в нее студентов

и других жаждущих увидеть высочайшую для тех времен технику на несколько минут и под своим личным присмотром. И действительно, было чем гордиться, все было сделано впервые своими руками специально для этих необычных работ».

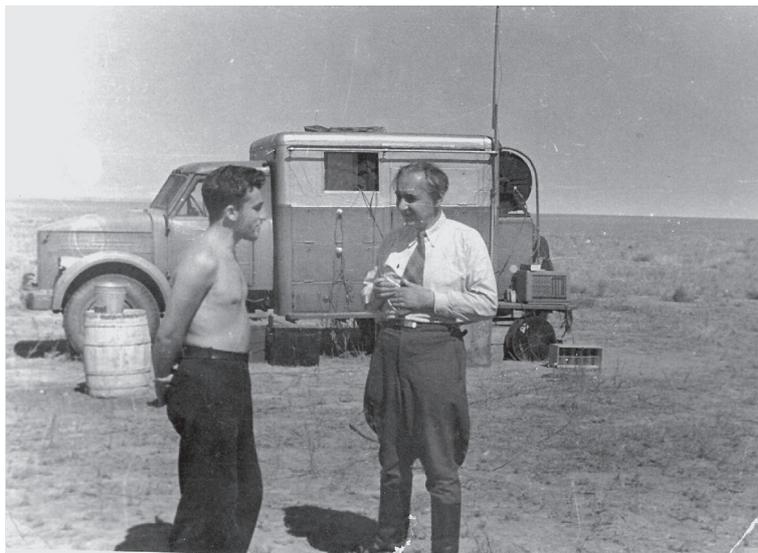
Рассматриваемый эксперимент представлял собой кусочно-непрерывное профилирование с многоканальными станциями. В районе р. Курты на расстоянии около 80 км от Алма-Аты был развернут профиль сейсмических наблюдений. Места расположения пунктов регистрации выбирались с учетом опыта работ 1948 г. в Колхиде. Результаты оказались весьма успешными — при взрыве в озере Иссык-Куль, на расстоянии около 150 км от приемных станций, всего 50 кг тротила удалось получить запись отличного качества.

Этот уникальный эксперимент назвали глубинным сейсмическим зондированием, и, как считает один из крупнейших специалистов по ГСЗ, участница обсуждаемого эксперимента Н.И. Павленкова [10, с. 152], «1949 год по праву считается годом рождения метода¹». ГСЗ, будучи развитием корреляционного метода преломленных волн, отличается от него прежде всего большей глубиной исследований, охватывающей кристаллическую часть земной коры и даже верхнюю часть мантии. Соответственно изучаются другие объекты, исследуются сейсмические волны существенно более низких частот.

Научная программа работы на Тянь-Шанском профиле, проходившем от оз. Балхаш до оз. Иссык-Куль и пересекавшем Северный Тянь-Шань и Туранскую плиту, была выполнена за два года. Был получен большой массив сейсмограмм прекрасного качества, на которых в большом интервале времен, соответствующем всей толще земной коры, четко видны отраженные и преломленные волны. Стало ясно, что даже по данным кусочно-непрерывной системы наблюдений можно уверенно определить положение не только границы Мохоровичича, но и промежуточных границ внутри коры.

Еще одним очень важным результатом Северо-Тяньшаньской комплексной геофизической экспедиции стала неожиданная регистрация землетрясения сравнительно

¹Напомним (см. выше), что Е.И. Гальперин называл более раннюю и более конкретную дату рождения метода — 6 ноября 1948 г. [8, с. 102].



Беседа с Г.А. Гамбурцевым, Северный Тянь-Шань, 1950 г.

высокочастотным измерительным каналом, работавшим в диапазоне 10–30 Гц. Это событие послужило толчком к началу изучения слабых землетрясений с помощью групп станций. Е.И. Гальперин вспоминал, что землетрясение было зарегистрировано в тот момент, когда катер с взрывчатым веществом только отчалил от берега оз. Иссык-Куль: «Я очень испугался, т.к. решил, что произошел случайный взрыв, а это значит — ЧП и человеческие жертвы» [8, с. 105].

В 1951 г. Г.А. Гамбурцев предложил отыскивать неоднородности среды с помощью методов ГСЗ. Несмотря на отрицательное отношение к этой идее многих сейсмологов, Г.А. Гамбурцев и Е.И. Гальперин в результате специально предпринятого совместного визита в Миннефтепром убедительно доказали руководству министерства целесообразность финансирования этих работ. Весной 1951 г. вся необходимая для эксперимента техника была переправлена в Башкирию. Изучение строения кровли

С И.П. Косминской во время работ по ГСЗ в Туркмении, 1952 г.





*Палаточный лагерь
экспедиции в Щели
Дальней, 1950 г.*

фундамента началось с регистрации сигналов на рекордном удалении от пункта взрывов — более 300 км. При уменьшении этого расстояния в несколько раз в первых вступлениях сигналов взрыва на сейсмограммах были обнаружены новые волны, что подтвердило перспективность использования исследовавшегося метода для решения задач региональной и разведочной геофизики.

В 1951–1952 гг. Е.И. Гальперин был начальником отряда в экспедициях на Северном Тянь-Шане и в Туркмении, задача которых состояла в изучении слабых землетрясений. Постановка этих исследований стала практическим результатом случайно



*Рабочий момент ГСЗ
в предгорьях Тянь-Шаня*

зарегистрированного высокочастотным сейсмометрическим каналом в 1949 г., во время экспериментов по регистрации сейсмических волн от взрывов, слабого местного землетрясения.

В ходе экспериментов проверялась идея Г.А. Гамбурцева о возможности использования в сейсмологии корреляционного метода выделения и прослеживания регулярных сейсмических волн, лежащего в основе сейсмической разведки. Анализ полученных в ходе этих работ высокочастотных записей слабых местных землетрясений заложил основы корреляционного метода изучения землетрясений [11]. Идеи корреляционного метода изучения землетрясений привели в дальнейшем к созданию сейсмических групп.

В летней экспедиции 1952 г. в Туркмении, где проводились исследования сейсмического режима в связи со строительством Арало-Каспийского канала. В этих работах исследовался сейсмический режим эпицентральной зоны катастрофического Красноводского землетрясения 1895 г. При этом руководитель работ Г.А. Гамбурцев большое внимание уделял изучению параметров поляризации сейсмических волн. Фактически эта тематика стала основной. В ходе работ для преодоления трудностей, связанных с практическим использованием позиционной корреляции, были начаты исследования поляризационной корреляции. Для этого впервые были применены азимутальные установки с горизонтальными сейсмоприемниками.

Глубокий интерес Г.А. Гамбурцева к поляризации сейсмических волн увлек и Е.И. Гальперина; как оказалось, — на всю жизнь. Летом 1953 г. Е.И. Гальперин выполнял аналогичные работы под руководством Г.А. Гамбурцева в районе эпицентральной зоны Хаитского землетрясения 1949 г. Для этого использовался новый тип датчиков — наклонные сейсмоприемники [11–12]. Были получены очень успешные результаты, и одним из важнейших итогов полевых сезонов 1952 и 1953 гг. стало создание азимутально-го метода сейсмических исследований [13–14]. Кроме того, были исследованы пространственно-временные закономерности слабых местных землетрясений Северного Тянь-Шаня, Юго-Западной Туркмении, Таджикистана в районе Гарма — недалеко от погребенного в результате землетрясения 1949 г. п. Хаит.

«После получения в Гарме летом 1953 г. отличных материалов при помощи азиму-

тальных установок» [8, с. 114] в 1954 г. Е.И. Гальперин был занят внедрением азимутального метода сейсмических наблюдений в практику сейсморазведочных работ. Для этого в опытных работах на Наро-Фоминском полигоне (ВНИИГеофизика) использовались 16-компонентные установки приборов СП-16, обеспечивающие возможность варьирования в широких пределах углов наклона и азимутов сейсмоприемников. Эксперименты оказались успешными и наглядно продемонстрировали впечатляющие возможности метода — на сейсмограммах четко выделялись продольные и поперечные волны различной поляризации, которые резко отличались между собой на полярных сейсмограммах.

В 1955 г. Е.И. Гальперин руководил работами по ГСЗ на Памире, по просьбе заболевшего И.Л. Нерсесова исполнял обязанности зам. начальника Таджикской комплексной сейсмологической экспедиции, позже получившей название Комплексной сейсмологической экспедиции Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта АН СССР, пытался использовать азимутальный метод для обработки данных детального мониторинга сейсмичности на Гармском полигоне [15]. В это время Е.И. Гальперин продолжал сотрудничество с К.К. Запольским, которому помогал вместе с Е.С. Борисевичем в разработке низкочастотной передвижной сейсмической станции [16].

К тому времени определение азимута на эпицентр удаленных землетрясений методом Голицына широко использовалось на сети сейсмических станций СССР, а получаемые при этом оценки имели высокую точность [17–18]. По данным работы [19], погрешность определений составляла около $\pm 3^\circ$, однако часто из-за влияния помех оценки оказывались ненадежными. Для повышения точности и надежности азимутальных определений В.М. Архангельская [20] предложила использовать поверхностные волны, поскольку по сравнению с объемными они отличаются большей интенсивностью и четкостью. Для удаленных землетрясений это снизило погрешность до значений $\pm(1-2)^\circ$.

Погрешности определения азимутов могут быть следствием ошибок, допущенных при калибровке приборов, и наличия внутренних негоризонтальных границ на пути распространения сейсмических волн. Отклонения азимута луча на эпицентр за



счет преломления на наклонных границах раздела в земной коре, в том числе и глубоких, создают серьезные проблемы при обработке этим методом данных регистрации местных землетрясений в горных районах, представляя собой главный источник ошибок [18, 21].

В качестве эффективных мер для повышения точности определений эпицентров местных землетрясений в работах [11, 14]) предложено использовать при регистрации корреляционные принципы, в частности с многоканальной установкой, состоящей из двух групп сейсмографов; размещать сейсмические станции в возможно более простых условиях, желательно на поверхности однородной толщи кристаллических пород; вводить поправки на строение среды (в общем случае зависящие от самого азимута и угла выхода), экспериментально определяя их по записям взрывов, произведенных с различных сторон на достаточно больших эпицентральных расстояниях, и землетрясений с хорошо известными координатами эпицентра.

Итогом работы Е.И. Гальперина под руководством Г.А. Гамбурцева стала успешная защита им в 1955 г. диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по теме «Азимутально-фазовая корреляция сейсмических волн», в которой были представлены полученные им под руководством Григория Александровича основные результаты изучения слабых местных землетрясений Северного Тянь-Шаня, Копет-Дага и Памира. В 1957 г. Е.И. Гальперин был избран на должность старшего научного сотрудника.

К.К. Запольский (первый справа) и рядом с ним Е.И. Гальперин на берегу р. Сурхоб, 1956 г.



МОРСКИЕ ГСЗ

Во время работ по программе МГГ (морские ГСЗ) на Дальнем Востоке, 1957 г.

После внезапной смерти Г.А. Гамбурцева 28 июня 1955 г. Е.И. Гальперин, ученик и ближайший помощник Г.А. Гамбурцева, заменил его в качестве руководителя крупномасштабного проекта по ГСЗ — первых наблюдений на море с целью изучения строения земной коры в зоне перехода от Азиатского континента к Тихому океану. Этот проект был предусмотрен программой Международного геофизического года (МГГ), он стал для Е.И. Гальперина его первым самостоятельным крупномасштабным экспериментом. В ходе выполнения этих работ он в качестве руководитель Комплексной Тихоокеанской экспедиции стремился по возможности наиболее полно реализовать замыслы учителя.

Планировались работы по ГСЗ в море и океане, а в СССР вообще не было опыта подобных наблюдений. Однако Е.И. Гальперин блестяще справился со всеми стоявшими перед ним задачами. Под его руководством и

Доклад о первых результатах работ по программе МГГ на Дальнем Востоке, 1957 г.



при его непосредственном участии в 1956 г. в порядке подготовки к МГГ выполнены пионерские работы по изучению глубинного строения акватории Каспийского моря [22].

Регистрация велась на суше: на о-ве Жилом, у г. Ленкорань и у г. Красноводск — с помощью наземных многоканальных станций ГСЗ. На море она велась двумя-тремя судами, которые становились на якорь и опускали гидрофоны на дно. Глубины моря в точках наблюдений выбирались не более 50 м. Взрывы выполнял морской охотник ВМФ. Работы прошли весьма успешно, была подтверждена готовность к проведению работ на Тихом океане. В 1956 г. в экспериментах с использованием взрывов в небольшом и очень соленом озере Кара-Куль на южном берегу Иссык-Куля была отработана техника взрыва зарядов во взвешенном состоянии. Записи на удаленных станциях получались намного более выразительными, чем при взрывах зарядов на дне озера, удалось выявить некоторые принципиальные требования к проведению взрывов при ГСЗ.

Для участия в эксперименте на Тихом океане Е.И. Гальперину удалось привлечь огромный коллектив сотрудников из разных организаций страны. В ходе подготовки и проведения работ был решен ряд принципиально важных методических проблем, которые в значительной мере обеспечили получение успешных результатов. Это, например использование передвижных взрывов, производившихся без остановки корабля, прием сейсмических колебаний гидрофонами вместо сейсмографов. В 1956 г. Е.И. Гальперин впервые в мире предложил проводить ГСЗ на море с помощью подводных лодок, используемых в качестве точек наблюдений [23]. Решающее значение имела поддержка Военно-Морского Флота СССР. Ее определила личная встреча В.В. Федынского, В.В. Белоусова и Е.И. Гальперина с руководством ВМФ СССР, в результате которой были выделены военные корабли и глубинные бомбы [24].

В 1957–1958 гг. по программе МГГ под руководством Е.И. Гальперина с помощью подводных лодок, надводных судов и береговых станций выполнены первые в мировой практике уникальные комплексные геолого-геофизические исследования строения земной коры Курило-Камчатской переходной зоны от Азиатского континента к Тихому океану с системами встречных и нагоняющих годографов [25–28].

После успешного завершения престижного проекта по программе МГГ тематика исследований Е.И. Гальперина претерпела значительные изменения — неожиданно он ушел в сейсморазведку, сосредоточившись на сейсмических исследованиях в скважинах. В 1959–1966 гг. Е.И. Гальперин был занят развитием методов экспериментального изучения сейсмических волн в реальных средах. Полевые работы проводились в Карпатах, Поволжье, Средней Азии и на Северном Кавказе. Замечательным итогом этого этапа научной деятельности Е.И. Гальперина стало создание ВСП — метода, получившего повсеместное применение в СССР и за рубежом [29–37].

Удивление и восхищение вызывает тот факт, что практически все основные особенности, разведочные возможности и пути развития нового метода были оценены Е.И. Гальпериным, как это было установлено в ходе последующих многолетних исследований и практического использования ВСП по всему миру, уже во время первых работ в Прикарпатье в 1959–1960 гг. Отличительная, решающая особенность ВСП состояла в изучении процесса формирования сейсмического волнового поля, а не его сформировавшейся картины, как это делалось ранее. Это открывало принципиально новые возможности для исследований структуры и свойств пространства вокруг скважины и ниже ее забоя.

В отличие от всех ранее применявшихся наблюдений в скважинах, основанных на использовании только первых волн, ВСП базируется на регистрации и использовании как первых, так и всех волн в последующей части записи, исследовании процесса образования отдельных волн и формирования волнового поля. В первую очередь, это относится к отраженным волнам. Наилучшие условия для этого обеспечиваются при наблюдениях на вертикальном профиле, пересекающем изучаемые неоднородности разреза.

Метод ВСП позволяет проследить за развитием процесса распространения сейсмических волн и формированием сложного волнового поля в реальной среде, понять роль конкретных неоднородностей среды в образовании разных типов волн. Важно, что области существования и динамические характеристики волн меняются вдоль вертикального профиля резче, чем по горизонтальному профилю. Это дает возможность непрерывно отслеживать вдоль вертикального профиля и изучать все волны — не

только восходящие, но и падающие. Еще одно важнейшее достоинство метода состоит в том, что волны изучаются в непосредственной близости от границ, с которыми они связаны, т.е. там, где они наименее искажены наложением других волн. Именно там их природа и стратиграфическая приуроченность определяются наиболее уверенно.

На сейсмограммы ВСП не оказывает искажающего влияния верхняя часть разреза, обладающая сильным поглощением. Это дает возможность увеличения частотного диапазона регистрируемых волн и, следовательно, детальности исследований. Еще одно немаловажное обстоятельство связано с быстрым убыванием по мере роста глубины опускания снаряда в скважину (т.е. по мере удаления от дневной поверхности) интенсивности помех — как регулярных поверхностных, так и микросейсмических. Это позволяет увеличить отношение сигнал/помеха и тем самым реальную чувствительность аппаратуры.

ВСП эффективно на всех этапах геологоразведочного процесса — региональном, поисковом и разведочном, а также при эксплуатации месторождений и решении методических и технологических задач. В сейсморазведке ВСП не только повысило достоверность результатов наземных наблюдений, но и позволило при изучении околоскважинного пространства получать сведения о среде, которые по своей детальности в принципе не могут быть получены никакими другими геофизическими методами — ни наземными, ни скважинными.

Понятно, что для практического осуществления ВСП необходима сложная система скважинных наблюдений. Поэтому развитие и практическая реализация теоретических соображений связаны с необходимостью преодоления многочисленных технических трудностей. Для их преодоления и создания пригодного для практических исследований метода ВСП понадобилась исключительная целеустремленность Е.И. Гальперина, его непоколебимая вера в правильность выбранного пути, исключительная трудоспособность [38–39].

В 1968 г. на основе основных результатов разработки и применения ВСП Е.И. Гальперин успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук по теме «Вертикальное сейсмическое профилирование и изучение процесса распространения сейсмических волн в реальных средах», а годом раньше, в 1967 г., ему

было присвоено ученое звание старшего научного сотрудника. В 1969 г. Е.И. Гальперин был избран заведующим лабораторией ИФЗ АН СССР.

Отметим, что уже после триумфального шествия ВСП по всему миру и признания заслуг Е.И. Гальперина в его создании в Советском Союзе в виде присуждения ему в 1988 г. за эту разработку Государственной премии, мнения крупнейших специалистов в этой области в СССР (например, О.К. Кондратьева [40] и многих других [5]) и за рубежом в виде официальных приглашений на крупнейшие международные форумы и чтение лекций как создателя метода ВСП, появились публикации несколько умаляющие заслуги Е.И. Гальперина в создании ВСП. В связи с этим приведем цитаты из работы [41]. В разделе с описанием основных достижений лаборатории, которой в течение долгого времени заведовал Г.И. Петрашень, после преамбулы: «Сейчас, конечно, было бы трудно подробно перечислить все основные результаты наших экспериментальных работ за 50-е гг. Да это едва ли и требуется... Достаточно упомянуть лишь о нескольких результатах из числа тех, которые повлияли на последующее развитие сейсморазведки и сейсмологии [41, с. 172], в пп. 3 и 4 сказано следующее:

«3) Впервые были осуществлены систематические измерения волновых полей во внутренних точках сейсмических сред (на вертикальных и горизонтальных СП). Это привело к разработке полной практической методики корреляционного сейсмического каротажа КСК (Н.И. Берденникова, В.В. Жадин, А.Г. Рудаков), широко опробованного как в экспериментальных, так и в производственных условиях в многочисленных партиях Таджикского геофизического треста (А.Г. Рудаков). Дальнейшие же работы по внедрению и совершенствованию раз-

работанной методики были предоставлены Е.И. Гальперину, придавшему методу более звучное (но неточное) название — ВСП.

4) На основе скважинных наблюдений по методу корреляционного сейсмического каротажа, а также — наблюдений вдоль горизонтальных профилей, впервые было выполнено детальное изучение анизотропии скоростей распространения волн в осадочных породах (Н.И. Берденникова, Саратовская обл., 1956 г.). Было произведено сопоставление экспериментальных данных с выводами из теории и доказано, что полученные результаты хорошо укладываются в рамки трансверсально-изотропной среды с вертикальной осью симметрии» [41, с. 173].

Как видно, в создании ВСП Е.И. Гальперину отводится явно второстепенная, не очень значительная роль. Надо отметить, что подобные заключения делаются и относительно разработки некоторых других геофизических методов и традиционно признаваемых их авторов. Так, в п. 2 речь идет о методе поперечных волн:

2) Были разработаны теоретические и экспериментальные основы метода поперечных волн (Е.И. Шемякин, А.П. Волин и др.). Дальнейшая разработка метода производилась сначала в наших совместных работах с ВНИИГеофизикой (Н.Н. Пузырев), затем же — в СО АН СССР Н.Н. Пузыревым без нашего участия, так как наши результаты по методу поперечных волн мы оставили им в наследство [41, с. 173]. Далее на с. 175 примерно в таком же ключе рассматривается дискуссия с И.С. Берзон об относительной интенсивности продольной и поперечных волн.

В задачу настоящей статьи не входит анализ и скрупулезное выявление вклада различных ученых в создание ВСП — наверное, Евсей Иосифович разрабатывал свой метод не на пустом месте, были, видимо, и предшественники. Но именно он на основе своей прозорливости, неумной энергии и целеустремленности сумел создать и внедрить в практику сейсморазведки комплекс аппаратно-методических и теоретических средств для изучения процесса формирования сейсмического волнового поля во внутренних точках исследуемой среды. Собственно это и признает автор цитированных выше строк, один из самых выдающихся отечественных геофизиков Г.И. Петрашень. После информации о разработках возглавлявшейся им лабораторией в начале 1950-х годов, систематических из-

С другом семьи
Г.И. Петрашнем



мерениях волновых полей во внутренних точках сейсмических сред и разработанного для этого снаряда, он пишет: «Однако с середины 1960-х годов начал выходить в заводском исполнении каротажный прибор Е.И. Гальперина (ВСП), обладающий рядом технических преимуществ. Он выиграл соревнование с нашим (более ранним по дате выпуска) прибором КСК, название которого, кстати говоря, лучше отражает геофизическое назначение снаряда» [42, с. 273]. Но не название определяет достоинства или недостатки того или иного метода.

Огромная заслуга Е.И. Гальперина состоит в широком внедрении ВСП в различных регионах страны и за рубежом. Его неистовый напор, давление на производственные предприятия отмечают в своих воспоминаниях многие коллеги Евсея Иосифовича. Он разработал структуру ВСП и сформулировал основные задачи использования этого метода на всех этапах геологоразведочного процесса, составил тематические планы развития ВСП в Западной Сибири, на шельфах, при кустовом бурении и эксплуатации месторождений. Его интересы и сфера деятельности не ограничивались пределами СССР — он составил, например, единый план применения ВСП на всей территории Индии для 138 площадей нефтяных бассейнов этой страны.

Для повышения эффективности внедрения и получения качественного материала наблюдений и интерпретации данных Евсей Иосифович проводил колоссальную работу по пропагандированию ВСП в производственных организациях и министерствах, за рубежом. В 1979 г. Е.И. Гальперин сделал доклад на первом семинаре по ВСП в Phillips Petroleum Company, США, Бартлесвил (Техас). Это стало началом международного триумфа метода и его разработчика. С этого момента за рубежом возник ошеломляющий интерес к Е.И. Гальперину, его приглашают в различные страны мира, его книги мгновенно переводятся на английский язык. В этот период он провел несколько десятков школ и симпозиумов по работам ВСП в СССР, сделал много докладов на различных предприятиях МинГео, МинГаза и Миннефтепрома, проводил семинары по ВСП в США, Чехословакии, Индии, Болгарии, Югославии, читал лекции в Университетах Хьюстона и Бомбея, выступал с докладами на многих международных конгрессах, ассамблеях и конференциях, консультировал ведущие геофизические и нефтяные компании мира.



Доклад на первом семинаре по ВСП в Phillips Petroleum Company, США, Бартлесвил (Техас), 1979 г.

Важным подспорьем при внедрении метода стала изданная Е.И. Гальпериним совместно со специалистами Миннефтепрома «Инструкция по работам ВСП».

Показательно мнение доктора технических наук первого заместителя ОАО «ЦГЭ» академика РАЕН Г.Н. Гогоненкова [43, с. 83–84]: «Имя Евсея Иосифовича Гальперина в истории отечественной и мировой разведочной геофизики занимает одно из ведущих мест. Среди значительного числа замечательных ученых-геофизиков нашей страны, внесших огромный вклад в развитие теории и методики сейсмической разведки во второй половине прошлого столетия, именно Е.И. Гальперин своими работами в области вертикального сейсмического профилирования (ВСП) был воспринят мировым геофизическим сообществом как первооткрыватель принципиально нового подхода к решению практических разведочных и поисковых задач на современном уровне. Западные ученые, увлекшиеся в тот период компьютеризацией геофизики и добившиеся в этом направлении замечательных успехов, на долгие годы упустили развитие физических основ сейсмического метода. А именно в это время работы Е.И. Гальперина обеспечили создание тех-



Во время обсуждения скважинной аппаратуры на симпозиуме по сверхглубокому бурению, г. Ярославль, 1988 г.



В кабинете профессора К. Аки в Южно-Калифорнийском университете, США, Лос-Анджелес, 1989 г.

ники и технологии, которые позволили буквально увидеть своими глазами, что происходит с возбуждающим упругим сигналом в реальной среде, как он взаимодействует с геологическими неоднородностями. ВСП закрыло брешь между детальным описанием свойств среды, которое дают методы каротажа, и сейсмической информацией, существенно менее разрешенной по вертикали, но практически непрерывной по горизонтали.

Американцы почти на 15 лет отстали от российской геофизики в области скважинных сейсмических наблюдений, и их знакомство с работами Е.И. Гальперина в начале восьмидесятых годов имело эффект разорвавшейся бомбы. Его наперебой приглашали ведущие мировые нефтяные компании, крупнейшие университеты и научные центры. Его книги немедленно переводились и издавались чуть ли не раньше, чем появлялись их русские издания. Они организовывали

вали специальные школы, где Евсей Иосифович рассказывал о физических основах ВСП, его сегодняшних разведочных возможностях и перспективах дальнейшего развития. Ни один российский или советский ученый в эти годы не удостоивался такого внимания и живейшего интереса со стороны мирового геофизического сообщества. Это прямой и объективный показатель научной и практической ценности исследований и результатов работ нашего выдающегося ученого, доктора физико-математических наук Евсея Иосифовича Гальперина».

Свидетельством восторженного отношения к ВСП за рубежом и преклонения перед его разработчиком Е.И. Гальпериним служит следующее письмо, копия перевода которого получена автором от Р.М. Гальпериной:

Международная компания
«Вестерн Атлас»
23 июня 1989 г.

Дорогой д-р Гальперин,

от имени Скважинной сейсмической службы и других отделов Международной компании «Вестерн Атлас» я сообщаю, что мы очень заинтересованы в обсуждении с Вами возможного проекта комплекса работ ВСП и серии геофизических и скважинных каротажей.

Ваши знания в этой области признаны в мире, поэтому любой проект с Вашим участием получит поддержку у геофизиков-нефтяников.

Пожалуйста, сообщите мне, какой проект, по Вашему мнению, надо бы обсудить и какие шаги Вы предлагаете, чтобы положить начало сотрудничеству.

Надеюсь на продолжительные и личные контакты с Вами.

С уважением,
Боб Хардейдж,
вице-президент

Международной компании «Вестерн Атлас».

датчиков на некоторой глубине обеспечит существенное снижение уровня шумов.

Первый эксперимент Е.И. Гальперин провел в начале 1962 г. на месторождении Мубарек в Узбекистане [44]. Успешные результаты послужили для развития этого подхода в военной сейсмологии. Вновь созданная лаборатория под руководством Е.И. Гальперина входила в состав Комплекс-

СКВАЖИННАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ, СТАЦИОНАРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ В СКВАЖИНАХ

В начале 1960-х годов одна из важнейших практических задач сейсмологии состояла в разработке высокоэффективного метода обнаружения ядерных взрывов сейсмическими методами. Для этого были необходимы высокочувствительные системы наблюдений. Е.И. Гальперин первым в СССР использовал для этого скважинные наблюдения. Предполагалось, что помещение сейсмических

ной сейсмологической экспедиции ИФЗ АН СССР как отряд скважинной сейсмоки. Один из пунктов скважинных наблюдений, ориентированных на обнаружение ядерных взрывов, был создан Е.И. Гальпериным недалеко от Алма-Аты. Именно здесь базировался отряд скважинной сейсмоки и в 1967–1970 гг. проводил методические исследования скважинных наблюдений на базе глубокой скважины.

Был выполнен большой объем исследований, ориентированных на разработку методики и техники высокочувствительных стационарных наблюдений в глубоких скважинах. В ходе этих работ изучались закономерности изменения уровня помех с глубиной, оценивались возможности увеличения реальной чувствительности сейсмометрического канала при погружения сейсμοприемников в глубокие скважины. Итогом этих исследований стало создание нового направления отечественной науки — скважинной сейсмологии [45].

После опыта исследований режима слабых землетрясений некоторых регионов страны, выполненных Е.И. Гальпериным в начале 1950-х годов, он вновь вернулся к этой проблеме, но уже на основе использования системы скважинных наблюдений, в середине 1960-х годов. И как всегда Е.И. Гальперин со свойственной ему исключительной нацеленностью на практическое применение полученных в предыдущие годы научных результатов в 1971–1972 гг. в районе г. Талгара проводит исследования по разработке методики изучения сейсмического режима крупных промышленных центров, расположенных в сейсмических областях, на основе скважинных наблюдений.

Итогом этой деятельности стало создание в окрестностях г. Алма-Ата, расположенного в 10-балльной зоне, высокочувствительного радиотелеметрического полигона автоматических скважинных и наземных станций со сбором и регистрацией всей информации на центральной станции Новоалексеевская, где располагалась глубокая гидротермальная скважина. Пионерские работы Е.И. Гальперина не только заложили основы, но и обеспечили существенное развитие скважинной сейсмологии.

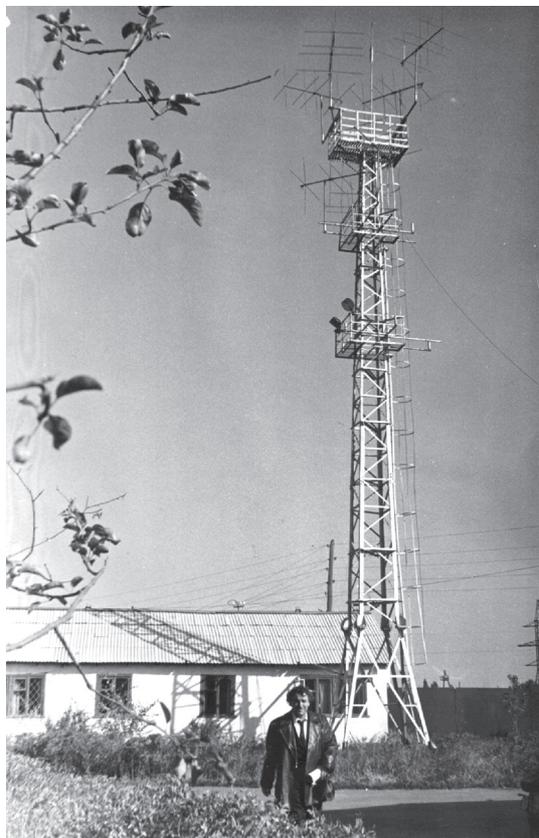
Созданная Е.И. Гальпериным методика изучения сейсмического режима крупных промышленных центров, расположенных в сейсмоопасных областях [46–47], позволила выполнить продолжавшиеся около полутора десятков лет исследования сейсмического ре-



С женой и коллегой по работе Риммой Михайловной Гальпериной

жима города Алма-Ата. В этом эксперименте использовалось комбинирование скважинных наблюдений и наземных станций, где сейсμοприемники располагались в штольнях, пройденных в коренных кристаллических породах. Основные результаты выполненного цикла исследований были изложены в монографии [48]. В ней приведены результаты не только методических исследований, например зависимости уровня шумов от глубины расположения датчика, но и изучения сейсмического режима исследуемой территории, книга сопровождается каталогом зарегистрированных землетрясений.

Важно отметить, что уже тогда система станций скважинных и наземных наблюдений была оснащена централизованной



На территории Центрального пункта сбора данных радиотелеметрического комплекса сейсмических наблюдений в Новоалексеевке

Начальник КСЭ ИФЗ
АН СССР И.А. Нерсесов
дегустирует плов, при-
готовленный Е.И. Галь-
периним. В центре
К.К. Кузнецов.
Талгар, 1980 г.



многоканальной радиотелеметрической регистрацией, что существенно повышало оперативность сбора и обработки данных. Детальные высокочувствительные сейсмические наблюдения позволили заметно расширить энергетический диапазон регистрируемых землетрясений: в центральной части радиотелеметрического полигона, которая является наиболее сейсмоактивным участком территории, чувствительность повышена по сравнению с действовавшей здесь до начала ввода в строй радиотелеметрического полигона примерно в 1000 раз. В книге [48] представлены результаты исследований закономерностей пространственного и временного распределения очагов землетрясений разного энергетического уровня, оценены возможности использования получаемых данных для прогноза сильных землетрясений.

ПОЛЯРИЗАЦИОН- НЫЙ МЕТОД

В конце 1960 — начале 1970-х годов Е.И. Гальперин возвращается к азимутальным наблюдениями и одновременно с работами по изучению сейсмического режима г. Алма-Аты в 1970–1975 гг. проводит детальные исследования поляризации сейсмических волн. В итоге был разработан общий поляризационный метод сейсмических наблюдений (ПМ) [51–53]. На этой основе разрабатываются и внедряются в практику производственных работ различные его наземные (ПМ ОВ, ПМ ОГТ) и скважинные (ПМ ВСП) модификации. Принципиальная особенность ПМ состоит в переходе от скалярного анализа волнового поля к векторному, использованию всех параметров волнового поля — частоты, поляризации колебаний и направления распространения. В результате геологическое строение среды определяется по итогам совместной обработки волн разных типов.

При векторном анализе волнового поля осуществляется совместная селекция волн в точке по признаку поляризации колебаний

и волн в объеме на основе учета направления распространения. Для практической реализации ПМ необходимо комбинирование пространственных систем направленного приема по направлениям смещений в волне и направлению ее распространения, что достигается комбинированием трехкомпонентных наблюдений в точке и трехмерной системы расположения датчиков в среде.

При проведении этих работ Е.И. Гальперину пригодился опыт исследований режима слабых землетрясений некоторых регионов страны, выполненных им в начале 1950-х годов. «Мне очень приятно отметить, что последние 10 лет наша лаборатория занимается изучением сейсмического режима города Алма-Аты и регистрацией слабых землетрясений. То есть по существу непосредственно продолжаем работы по КМИЗ, которые мы по инициативе Г.А. Гамбурцева начали еще в 1951 году также в районе г. Алма-Аты...», — написал позже Е.И. Гальперин [3, с. 14].

Отмечая высочайшее качество проводимых Е.И. Гальпериним работ, сошлемся на А.А. Годзиковскую, которая выделяет Е.И. Гальперина среди многих сейсмологов как специалиста уделяющего большое внимание методическим вопросам проводимых исследований. Она, в частности пишет, что «во всех работах Е.И. Гальперина..., посвященных изучению сейсмического режима каких-либо районов, вопросу выявления местных взрывов отведены, как правило, отдельные разделы [49, с. 5]. К сожалению, как показал анализ некоторых современных каталогов землетрясений, многие из них, в отличие от данных Е.И. Гальперина, содержат большое количество никак не отмеченных взрывов [49–50].»

и волн в объеме на основе учета направления распространения. Для практической реализации ПМ необходимо комбинирование пространственных систем направленного приема по направлениям смещений в волне и направлению ее распространения, что достигается комбинированием трехкомпонентных наблюдений в точке и трехмерной системы расположения датчиков в среде.

Для внедрения метода в практику была создана аппаратура как для полевых наземных, так и скважинных трехкомпонентных наблюдений, разработаны методика таких измерений, метод селекции волн по направлениям смещений частиц, способы полярной и поляризационно-позиционной корреляции волн. Тем самым были заложены основы векторной сейсморазведки, преимуществ которой определяются возможностью одновременного выделения и совместной интерпретации регулярных волны вне зависимости от их природы, направления распространения и поляризации.

Как это было свойственно Евсею Иосифовичу, помимо разработки теоретического и аппаратно-методического оснащения ПМ, он большие усилия затратил на экспериментальные исследования его возможностей и ограничений, внедрение в геологоразведочные предприятия. В течение многих лет сотрудники лаборатории Е.И. Гальперина совместно с различными производственными предприятиями изучали ПМ на рудных месторождениях Центрального Казахстана, нефтяных площадях Предкавказья и Южной Эмбы, Крыма, на п-ве Ямал, в Прикаспийской впадине и в Южном Казахстане.

Широкое внедрение ПМ в практику, переход от скалярной сейсморазведки к векторной привели к революционным изменениям и смене парадигмы в сейсморазведке.

Как уже отмечалось, Е.И. Гальперин разрабатывал различные модификации ПМ. В частности, было получено авторское свидетельство на поляризационный метод донных сейсмических наблюдений, разработан и испытан на Черном море действующий макет донного 3-х компонентного сейсмоприемника для наблюдений поляризационным методом.

Особую популярность приобрела скважинная модификация поляризационных исследований — ПМ ВСП. Под руководством Е.И. Гальперина выполнены наблюдения на рудных месторождениях Казахстана и Средней Азии, составлен тематический план развития ПМ ВСП в рудной отрасли, проведены работы на шельфах Арктическом, Баренцева и Черного морей.

В 1988 г. Евсею Иосифовичу присвоено ученое звание профессора.

Чтобы подчеркнуть исключительно уважительное отношение ведущих зарубежных компаний, занимающихся геофизической

разведкой, к Е.И. Гальперину как к создателю ПМ, внедрившему в геофизическую практику векторную сейсморазведку, приведем еще одно письмо, полученное от Р.М. Гальпериной:

«Общество Геофизиков-разведчиков
7 сентября 1989 г.

Уважаемый Д-р Гальперин,

от имени Общества геофизиков-разведчиков (SEG) и всех участников летнего 1989 г. заседания рабочей группы по сбору и обработке данных векторного поля, хочу передать Вам самую теплую благодарность за Ваш вклад в Симпозиум.

Последнее заседание рабочей группы, организованное Комитетом Общества, было очень успешным. Большинство ученых, работающих в этой области, присутствовало на заседании и с пользой общалось, Ваш заказной доклад явился важным ключом к дискуссии и придал значительность и глубину всему Симпозиуму. Многочисленные участники констатировали, что Ваше присутствие и участие повысили ценность этой рабочей группы и обогатили ее. Благодаря Вашей прекрасной осведомленности в деле и проницательности, выявлена важность нашего общения.

Пожалуйста, передайте мою благодарность Академии наук СССР за предоставление Вам этой возможности. Надеюсь на удачу и возможность общаться с Вами по вопросам геофизики и в будущем. Без колебаний обращайтесь в SEG или ко мне лично по поводу будущего сотрудничества.

Искренне Ваш,
Д-р Йорам Шохам,
Председатель исследовательского Комитета Общества геофизиков-разведчиков.

Сименем Е.И. Гальперина связано и развитие нового научного направления — промышленной сейсмологии, которое объединяет различные методы сейсмических исследований на этапе разведки и эксплуатации месторождений [31, 38–39]. Е.И. Гальперин, обеспокоенный низкой эффективностью геологоразведочных работ, в частности тем, что только третья (а на отдельных этапах только четвертая) разведочная скважина оказывается продуктивной, констатирует, что на завершающих этапах геологоразведоч-

ного процесса и особенно при эксплуатации месторождений сейсмические исследования практически не применяются. Вместе с тем разработанные им методы ВСП и ПМ ВСП позволили перейти к детальным исследованиям разреза в околоскважинном пространстве не только в пределах пройденного при бурении интервала глубин, но и ниже забоя.

Поэтому Е.И. Гальперин предложил шире использовать методы ВСП и ПМ ВСП в комплексе с наземными методами исследований, методами промышленной

**ПРОМЫСЛОВАЯ
СЕЙСМИКА**

геофизики и бурения на этапе разведки и эксплуатации месторождений. Он непоколебимо верил в перспективность развития промысловой геофизики: «Не вызывает сомнения, что по мере развития ПС появится много новых возможностей, и сейсмические исследования на этапе разведки и эксплуатации месторождений будут иметь

столь же решающее значение, какое они имеют в настоящее время на этапе поиска и подготовки структур к глубокому бурению. Это позволит повысить эффективность всего комплекса геологоразведочных работ и не только на нефть и газ, но и на твердые ископаемые» [38, 1982, с. 188; 2003, с. 58].

Региональные исследования

Большое место в исследованиях Е.И. Гальперина отводилось региональным исследованиям. Во второй половине 1970-х годов возглавлявшаяся им лаборатория выполнила огромный объем (несколько тысяч километров профилей) синхронных многоточечных трехкомпонентных наблюдений корреляционным методом с расстояниями между точками 250 м. В ходе этих работ исследовались характеристики волновых полей в начальной части записи удаленных землетрясений. В итоге была детально изучена природа волн, представляющих интерес для решения сейсмологических задач и региональных исследований геологического строения земной коры, получена информация об общей

структуре волнового поля и выявлена его мозаичность, обусловленная сильным влиянием на волновое поле особенностей строения верхней части геологического разреза [54].

К концу 1970-х годов на основе выполненного цикла исследований Е.И. Гальперин создал поляризационный метод региональных исследований с использованием удаленных землетрясений (ПМ РИЗ). Полученные результаты способствовали заметному повышению эффективности региональных исследований с использованием удаленных землетрясений в частности, метода обменных волн удаленных землетрясений (МОВЗ).

Изучение природы сейсмических шумов



Евсей Иосифович
Гальперин

В последние годы жизни Е.И. Гальперин исследовал высокочастотные сейсмические шумы Земли (ВСШ) и написал ряд критических статей по зарегистрированному группой авторов в 1985 г. открытию модуляции ВСШ [55]. Интерес к ВСШ возник у Е.И. Гальперина давно — еще в 1953 г. при изучении слабых местных землетрясений в эпицентральной Хаитского землетрясения 1949 г. Тогда при синхронных измерениях на двух станциях, удаленных друг от друга на 5 км, были обнаружены синхронные изменения уровня шума. В опубликованной позже работе [21] было сделано предположение, что «регистрируемые микросейсмы имеют глубинное происхождение» и что «это явление представляет самостоятельный интерес и заслуживает проверки специальными наблюдениями».

Суть открытия [55] состоит в том, что ВСШ (частотой порядка нескольких десятков герц) модулируется различными деформационными процессами в литосфере — лунно-солнечными приливами, собственными колебаниями Земли, штормовыми микросейсмами и т.п. Заинтересовавшись этим открытием и связанными с

ним публикациями, которые фактически подтверждали предположение, сделанное в его более ранней работе с Г.А. Гамбургевым, Е.И. Гальперин начал работу по созданию аналогичной аппаратуры и организации длительных непрерывных наблюдений ВСШ в разных точках страны.

В результате анализа полученных результатов нескольких экспериментов в различных районах и данных авторов открытия Евсей Иосифович пришел к убеждению, что четких доказательств существования явления модуляции нет ни в материалах авторов открытия, ни в его собственных наблюдениях. И он совместно с Л.П. Винником и некоторыми другими сейсмологами выступил с критикой работ о модуляции ВСШ деформационными процессами в на-

учной печати [56–58], а на Ученом совете ИФЗ АН СССР, предложил аннулировать это открытие.

О тщательности выполненной проверки свидетельствует, например, тот факт, что в работе [58] изложены результаты 4-летних исследований ВСШ, проведенных в Комплексной сейсмологической экспедиции ИФЗ АН СССР. Было надежно установлено отсутствие в спектрах ВСШ лунных гармоник, что свидетельствовало об отсутствии связи вариаций ВСШ с влиянием лунно-солнечного прилива. В то же время были обнаружены мощные пики на периодах, точно равных 24 и 12 ч, на основании чего был сделан вывод, что «наблюдаемые ВСШ в штольне являются антропогенными» [58, с. 107].

Евсей Иосифович Гальперин большинству геофизиков известен как хороший сейсмолог и выдающийся сейсморазведчик. Многие отдают должное его способностям квалифицированного разработчика аппаратуры. Вместе с тем уже в начале своей научной деятельности Е.И. Гальперин выполнил ряд оригинальных аппаратурных разработок и опубликовал несколько статей с анализом требований к аппаратуре для тех или иных исследований (см., например, [16, 59–60]).

Опыт аппаратурных разработок, навыки механика помогали Е.И. Гальперину при разработке и апробировании новых методов сейсморазведки, когда приходилось решать сложнейшие аппаратурно-методические проблемы [61–63]. Решение этих проблем требовало от разработчиков прекрасного знания последних достижений в этой области, и Е.И. Гальперин внимательно следил за уровнем развития аппаратурных разработок в стране и за рубежом. Он не просто читал отдельные статьи по аппаратурным разработкам, но и анализировал и обобщал собранную информацию, о чем свидетельствуют аналитические обзоры публикаций с оценкой современного состояния, тенденций и перспектив развития сейсмической, инженерно-сейсмической и сейсморазведочной аппаратуры [64–66].

Многие аппаратурные разработки, выполненные под руководством и при участии Е.И. Гальперина, защищены авторскими свидетельствами, например следующие: сейсмограф (а.с. 187335, 1966), сейсмограф (а.с. 230433, 1968); скважин-

ный прибор для вертикального сейсмического профилирования (а.с. 283612, 1970); способ получения трехкомпонентных сейсмических записей (а.с. 366431, 1973); способ сейсмической разведки в скважинах (а.с. 366436, 1973); способ вертикального сейсмического профилирования (а.с. 369528, 1973); устройство для изучения траекторий движения частиц при распространении сейсмических волн (а.с. 372529, 1973); устройство для получения ориентированных сейсмических записей в скважинах (а.с. 376739, 1973); устройство для полярно-позиционной корреляции сейсмических волн (а.с. 456241, 1975); способ сейсмической разведки (а.с. 541134, 1976); поляризационный сейсмический анализатор (а.с. 684478, 1979); устройство для сейсмической разведки (а.с. 688885, 1979); сейсмоприемное устройство для наблюдений в водных бассейнах (а.с. 693301, 1979); способ сейсмической разведки (а.с. 800932, 1981); способ контроля идентичности показаний измерительных каналов сейсмических датчиков (а.с. 834645, 1981); устройство автоматического контроля идентичности сейсмических каналов при трехкомпонентных наблюдениях (а.с. 1260896, 1986); сейсмическая морская коса (а.с. 1427317, 1988); устройство для приема сейсмических сигналов (а.с. 1529157, 1989); способ оценки проницаемости горных пород (а.с. 1712926, 1992). Здесь в скобках указаны номер авторского свидетельства и год публикации в Бюллетене изобретений.

АППАРАТУРНЫЕ РАЗРАБОТКИ И ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

**ШТРИХИ
К ПОРТРЕТУ**

Евсей Иосифович Гальперин был очень жизнелюбивым и общительным человеком. «Просто любил жить», так назвала свои воспоминания о Е.И. Гальперине его жена

Римма Михайловна [4]. Она пишет, что он был всегда открыт и доступен в общении с друзьями и сотрудниками, всегда был готов помочь тем, кто в этом нуждался.



На высокогорном катке Медео

**ПОСЛЕДНИЕ
ГОДЫ ЖИЗНИ**

В последние 5 лет жизни Евсей Иосифович продолжал активно работать, за 1886–1990 гг. он опубликовал 25 статей и получены 3 авторских свидетельства, 3 монографии были опубликованы за границей. В это же время, в 1988 г., ему была присуждена Государственная премия Российской Федерации за разработку ВСП.

Сфера интересов Е.И. Гальперина была чрезвычайно широка не только в работе. Любому делу отдавался полностью, стремился добиться профессионального мастерства. Во время обучения в годы войны в военно-топографическом училище активно занимался лыжами, позже участвовал в спасательных работах. Полюбил коньки — достиг такого мастерства, что стал тренером.

Любил поэзию. С войны в качестве главного трофея привез прижизненное издание стихов Гейне. Увлекался танцами, причем достиг такого мастерства, что получал призы, не говоря уже о похвалах партнерш [4].

Уже зная о неизлечимой болезни, Е.И. Гальперин продолжал активно работать, планировал ряд первоочередных разработок. Важное место среди них отводилось аппаратуре. Прежде всего, по информации Р.М. Гальпериной, он намеревался завершить разработку и изготовление и действующих макетов аппаратуры для наземных и скважинных наблюдений поляризонным методом, для чего нужно было разработать макеты трехкомпонентного сейсмоприемника на пьезокерамике и гибридного скважинного сейсмоприемника с регистрацией вектора скорости и давления, усовершенствовать арретируемый самоустанавливающийся вертикальный векторный (трехкомпонентный) сейсмоприемник для измерений на дне моря и в наклонной скважине.

В планах были также использование результатов изучения волнового поля в начальной части записи для создания эффективного метода выявления различных неоднородностей, зон разломов, выклиниваний оценки и пригодности локальных площадок для строительства особо ответственных объектов; организация мониторинга напряженного состояния массива с использованием параметров поляризации волн путем скважинных наблюдений; продолжение экспериментального изучения закономерностей изменения уровней интенсивности высокочастотных микросейсмических шумов в различных по своему строению средах; исследования гидроволн в скважинах с целью оценки их разведочных возможностей.

В последние 10 лет жизни Е.И. Гальперин часто ездил в зарубежные командировки — в США, Индию, Югославию, Чехословакию. Последний раз в зарубежную командировку Евсей Иосифович выехал 20 сентября 1990 г. — для участия в 50-й Ассамблее Общества геофизиков разведчиков (SEG). Будучи тяжело больным, он не хотел упустить последний шанс встретиться с зарубежными коллегами. Кроме того, он надеялся, что американская медицина способна вылечить его болезнь. Увы, она оказалась слишком запущенной.

10 октября 1990 г. Евсея Иосифовича прямо с самолета отвезли в Институт онкологии, где, несмотря на болезнь, он продолжал активно работать, встречался со специалистами, пытаясь успеть сделать как можно больше в оставшееся у него время. К сожалению, времени было слишком мало — Евсей Иосифович Гальперин умер 20 октября 1990 г. за 10 дней до своего семидесятилетнего юбилея.



Во время последней встречи с профессором Джеймсом Уайтом — первым переводчиком книги «Вертикальное сейсмическое профилирование» (1974 г.) на английский язык, США, Сан-Франциско, Конгресс геофизиков-разведчиков, 1990 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Евсей Иосифович Гальперин, будучи студентом 4-го курса Московского геологоразведочного института в 1941 г. добровольцем ушел на фронт. Демобилизовавшись, возобновил учебу. Окончив институт в 1949 г., он всю жизнь занимался сейсмологией и сейсморазведкой.

Е.И. Гальперин обладал широкой научной эрудицией и был беспредельно предан делу, которому служил, — любимой им геофизике. Жажда научного поиска перевешивала в нем стремление к материальному благополучию, бытовым удобствам. Эти качества в сочетании с природным талантом, целеустремленностью и работоспособностью позволили ему много добиться в науке. Он стоял у истоков создания ГСЗ, первым получил запись удаленного взрыва — этот день можно считать рождением ГСЗ, провел крупномасштабные морские ГСЗ.

Е.И. Гальперин исследовал слабую сейсмичность различных регионов, создал комбинированный радиотелеметрический комплекс наземных и скважинных наблюдений в районе Алма-Аты, с помощью которого около полутора десятков лет осуществлял высокочувствительный мониторинг этого крупного промышленного центра. Он совместно со своим учителем и научным руководителем Г.А. Гамбурцевым разработал

азимутальный метод исследования землетрясений.

Но главным делом жизни Е.И. Гальперина стала скважинная сейсмология и сейсморазведка. Именно его считают создателем отечественной скважинной сейсмологии. Разработанные Е.И. Гальпериним методы экспериментального изучения процесса распространения сейсмических волн в реальных средах по наблюдениям во внутренних точках среды привели к революционным изменениям в сейсморазведке и смене традиционной парадигмы. Разработанные им методы ВСП и ПМ стали основными в практике сейсморазведочных работ по всему миру.

За создание и внедрение метода ВСП Е.И. Гальперин награжден Золотой медалью ВДНХ и орденом «Знак Почета», ему присуждена Государственная премия СССР по науке и технике.

Имя Е.И. Гальперина широко известно за рубежом. В некрологе, опубликованном в 1991 г. в журнале «The Leading Edge of Exploration», отмечалось, что Е.И. Гальперин относится к очень небольшой когорте геофизиков, исследования которых оказали большое влияние на развитие методологии сейсмической разведки по всему миру. Развитие теории и практики сейсморазведки в последнее время только подтверждают это заключение.

1. Сидорин А.Я. Жизненный путь академика князя Б.Б. Голицына // Сейсмические приборы. 2002. Вып. 37. С. 3–23.
2. Сидорин А.Я. Б.Б.Голицын и революция в сейсмометрии в начале XX века // Сейсмические приборы. 2002. Вып. 38. С. 70–89.
3. Очерк о жизни и деятельности Е.И. Гальперина // Е.И. Гальперин: Воспоминания близких, друзей, коллег, учеников. М.: ЕАГО, 2005. С. 7–21.
4. Гальперина Р.М. Просто любил жить // Е.И. Гальперин: Воспоминания близких, друзей, коллег, учеников. М.: ЕАГО, 2005. С. 23–43.
5. Е.И. Гальперин: Воспоминания близких, друзей, коллег, учеников. М.: ЕАГО, 2005. 274 с.
6. Курдюкова В.И. Несколько слов о моем друге Леше ... // Е.И. Гальперин: Воспоминания близких, друзей, коллег, учеников. М.: ЕАГО, 2005. С. 45–52.
7. Караев Н.А. Совсем немного о Е.И. Галь-

- перине // Е.И. Гальперин: Воспоминания близких, друзей, коллег, учеников. М.: ЕАГО, 2005. С. 53–78.
8. Гальперин Е.И. Развитие методов экспериментального изучения сейсмических волн в реальных средах // Развитие идей Г.А. Гамбурцева в геофизике. М.: Наука, 1998.
9. Сидорин А.Я. Аппаратурный спектральный и частотно-временной анализ сейсмических колебаний в исследованиях К.К. Запольского // История наук о Земле. 2011. Т. 4, № 1. С. 51–76.
10. Павленкова Н.И. Школа Гамбурцева и глубинные сейсмические исследования // Научное наследие Г.А. Гамбурцева и современная геофизика: Развитие идей. Воспоминания. М.: ОИФЗ РАН, 2003. С. 151–162.
11. Гамбурцев Г.А., Гальперин Е.И. Методика работ по корреляционному методу изучения землетрясений // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1954. № 1. С. 3–10.

ЛИТЕРАТУРА

12. Гамбурцев Г.А., Гальперин Е.И. Азимутальные сейсмические наблюдения с наклонными сейсмографами // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1954. № 2. С. 184–189.
13. Гальперин Е.И. Азимутальный метод сейсмических наблюдений. М.: Гостоптехиздат, 1955. 80 с.
14. Гальперин Е.И. Об азимутальных отклонениях сейсмических лучей // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1956. № 11. С. 1282–1293.
15. Сидорин А.Я. (ред.) Гармский геофизический полигон. М.: ИФЗ АН СССР, 1990. 240 с.
16. Запольский К.К., Борисевич Е.С., Гальперин Е.И. Опытная передвижная низкочастотная сейсмическая станция // Тр. ГЕОФИАНа. 1955. № 29(156). С. 3–10.
17. Саваренский Е.Ф., Кирнос Д.П. Элементы сейсмологии в сейсмометрии. М.; Л., 1949. 343 с.
18. Гамбурцев Г.А. Об определении азимута на эпицентр при регистрации местных землетрясений // Докл. АН СССР. 1952. Т. 87, № 2. С. 105–106.
19. Колосенко М.Н. Определение азимута на эпицентр далекого землетрясения по моментам вступления сейсмической волны на двух станциях // Тр. Геофиз. ин-та АН СССР. 1955. № 30(157). С. 89–103.
20. Архангельская В.М. Определение направления на эпицентр землетрясения по записям поверхностных волн при удаленных землетрясениях // Тр. Геофиз. ин-та АН СССР. 1955. № 30(157). С. 82–88.
21. Гамбурцев Г.А., Гальперин Е.И. Опыт изучения слабых землетрясений Хаитской эпицентральной зоны // Гамбурцев Г.А. Избр. тр. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 400–426.
22. Гальперин Е.И., Косминская И.П. (ред.) Глубинное сейсмическое зондирование в центральной части Каспийского моря. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 152 с.
23. Гальперин Е.И., Зайончковский М.А. Методика и техника глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) на море с использованием подводных лодок // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1963. № 12. С. 1832–1836.
24. Зверев С.М. Морское ГСЗ после Г.А. Гамбурцева // Научное наследие Г.А. Гамбурцева и современная геофизика: Развитие идей. Воспоминания. М.: ОИФЗ РАН, 2003. С. 163–166.
25. Гальперин Е.И. Изучение строения земной коры в области перехода от Азиатского континента к Тихому океану // Информ. бюл. МГГ. 1958. № 5. С. 68–73.
26. Гальперин Е.И., Косминская И.П. Особенности методики глубинного сейсмического зондирования на море // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1958. № 7. С. 833–847.
27. Вейцман П.С., Гальперин Е.И., Зверев С.М., Косминская И.П., Кракшина Р.М., Михота Г.Г., Тулина Ю.В. Некоторые результаты изучения строения земной коры в области Курильской островной дуги и прилегающих участков Тихого океана по данным глубинного сейсмического зондирования // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1961. № 1. С. 81–86.
28. Вейцман П.С., Гальперин Е.И., Зверев С.М., Косминская И.П., Кракшина Р.М., Михота Г.Г., Тулина Ю.В. ГСЗ в переходной зоне от Азиатского континента к Тихому океану в период МГГ // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1961. № 2. С. 168–184.
29. Гальперин Е.И., Фролова А.В. Трехкомпонентные сейсмические наблюдения в скважинах. Вертикальное сейсмическое профилирование. I // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1961. № 6. С. 793–809.
30. Гальперин Е.И., Фролова А.В. Трехкомпонентные сейсмические наблюдения в скважинах. Изучение направлений смещения. II // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1961. № 7. С. 977–993.
31. Гальперин Е.И. Вертикальное сейсмическое профилирование. М.: Недра, 1971. 263 с., 1982, 344 с.
32. Galperin E.I. Vertical seismic profiling. Soc. Explor. Geophys. Spec. Publ. USA, 1974. 270 p.
33. Galperin E.I. Vertical seismic profiling and its exploration potential. Reidel, Dordrecht, Holland, 1985. 442 p.
34. Galperin E.I. VSP — new potentials in seismic exploration. EBD Educational PVT Ltd Dehra-Doon, 1989. 64 p.
35. Гальперин Е.И., Гальперина Р.М., Фролова А.В. Вертикальное сейсмическое профилирование. Библиография. М.: ВНИИОЭНГ, 1991. 142 с.
36. Galperin E.I. Vertical Seismic Profiling. USSR and Non-Soviet Complete Bibliography from 1961 to 1990. (Compilers: Galperin E.I., Frolova A.V. Institute of Earth Physics, GALCO, Moscow, 1992. 247 p.

37. Гальперин Е.И. Вертикальное сейсмическое профилирование. Опыт и результаты. М.: Наука, 1994. 320 с.
38. Развитие методов экспериментального изучения сейсмических волн в реальных средах // Развитие идей Г.А. Гамбурцева в геофизике. М.: Наука, 1982. С. 177–188. Научное наследие Г.А. Гамбурцева и современная геофизика: Развитие идей. Воспоминания. М.: ОИФЗ РАН, 2003. С. 52–58.
39. Амиров А.Н., Гальперин Е.И., Гурвич И.И. и др. Промысловая сейсмика — сейсмические исследования на этапе разведки и эксплуатации месторождений // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. 1980. № 7. С. 78–83.
40. Кондратьева О.К. Геофизическое мировоззрение школы Гамбурцева // Научное наследие Г.А. Гамбурцева и современная геофизика: Развитие идей. Воспоминания. М.: ОИФЗ РАН, 2003. С. 258–266.
41. Петрашень Г.И. Воспоминания. СПб: НИИХ СПбГУ, 2003. 252 с.
42. Петрашень Г.И. Г.А. Гамбурцев и Ленинградская школа распространения сейсмических волн // Научное наследие Г.А. Гамбурцева и современная геофизика: Развитие идей. Воспоминания. М.: ОИФЗ РАН, 2003. С. 267–274.
43. Гогоненков Г.Н. ВСП имело на Западе эффект разорвавшейся бомбы // Е.И. Гальперин: Воспоминания близких, друзей, коллег, учеников. М.: ЕАГО, 2005. С. 83–93.
44. Николаев А.В. Е.И. Гальперин – яркий человек, самобытный ученый // Е.И. Гальперин: Воспоминания близких, друзей, коллег, учеников. М.: ЕАГО, 2005. С. 95–105.
45. Гальперин Е.И. Сейсмические наблюдения в скважинах и их разведочные возможности // Методика, техника и результаты геофизической разведки. М.: Недра, 1967. С. 151–167.
46. Гальперин Е.И., Нерсесов И.А., Воронский А.М. Изучение сейсмического режима крупных промышленных центров. М.: Наука, 1978. 188 с.
47. Galperin E.I., Nersesov I.L., Galperina R.M. Borehole seismology and the study of the seismic regime of large industrial centers. Reidel, Dordrecht, Holland, 1985. 816 p.
48. Гальперина Р.М., Нерсесов И.А., Гальперин Е.И. Сейсмический режим района города Алма-Аты за 1972–1982 гг. М.: Наука, 1985. 248 с.
49. Годзиковская А.А. Местные взрывы и землетрясения. М.: Центр службы геодинамических наблюдений в электроэнергетической отрасли, 1995. 98 с.
50. Сидорин А.Я. Причина необычной точной периодичности сейсмических событий // Вопросы инженерной сейсмологии. 2011. Т. 38, № 2. С. 55–70.
51. Гальперин Е.И. Поляризация сейсмических волн и возможности увеличения эффективности сейсмических исследований // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1975. № 2. С. 107–121.
52. Гальперин Е.И. Поляризационный метод сейсмических исследований. М.: Недра, 1977. 279 с.
53. Galperin E.I. Polarization method of seismic exploration. Reidel, Dordrecht, Boston–Lancaster, 1984. 268 p.
54. Гальперин Е.И., Гальперина Р.М., Фролова А.В., Эренбург М.С. Волновые поля в методе обменных волн землетрясений. М.: Изд-во ОИФЗ РАН, 1995. 192 с.
55. Рыкунов Л.Н., Хаврошкин О.Б., Цыплаков В.В. Явление модуляции высокочастотных сейсмических шумов Земли // Открытия в СССР в 1983 г. М.: ВНИИ-ПИ, 1984. С. 46.
56. Гальперин Е.И., Винник Л.П., Петерсен Н.В. О модуляции высокочастотного сейсмического шума приливными деформациями литосферы // Физика Земли. 1987. № 12. С. 102–109.
57. Гальперин Е.И., Винник Л.П., Петерсен Н.В. О модуляции высокочастотных сейсмических шумов волнами далеких сильных землетрясений и собственными колебаниями Земли // Физика Земли. 1988. № 1. С. 104–111.
58. Гальперин Е.И., Ситников А.В., Кветинский С.И., Иванов А.М., Чесноков А.И. Опыт и результаты изучения высокочастотных сейсмических шумов // Физика Земли. 1988. № 1. С. 99–109.
59. Аксенович Г.И., Гальперин Е.И., Зайончковский М.А. Особенности аппаратуры для глубинного сейсмического зондирования и результаты ее опробования // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1957. № 2. С. 184–189.
60. Аксенович Г.И., Гальперин Е.И., Графов Б.М. Электрохимический сейсмоприемник и предварительные результаты его опробования // Изв. АН СССР.

- Физика Земли. 1970. № 2. С. 81–87.
61. Гальперин Е.И., Чесноков А.И., Аксенович Г.И., Фролова А.В., Хайрутдинов Р.Н. Трехкомпонентные снаряды и определение их ориентировки в скважине // Вопросы рудной геофизики в Казахстане. Алма-Ата: КазВИРГ, 1974. Вып. 7. С. 21–32.
62. Гальперин Е.И., Аксенович Г.И., Фролова А.В. Способ и аппаратура для получения многокомпонентных полярных сейсмограмм и их ориентирования в пространстве // Вопросы рудной геофизики в Казахстане. Алма-Ата: КазВИРГ, 1974. Вып. 7. С. 33–45.
63. Гальперин Е.И., Аксенович Г.И., Кузьменко Г.П., Покидов В.Л., Тореев В.Ю. Комплект аппаратуры для трехкомпонентных наблюдений и обработки материалов // Вопросы рудной геофизики в Казахстане. Алма-Ата: КазВИРГ, 1974. Вып. 7. С. 46–52.
64. Аранович З.И., Гальперин Е.И. Перспективы развития сейсмической и инженерно-сейсмической аппаратуры // Автоматизация сейсмологических наблюдений. Владивосток: Изд-во АН СССР, 1976. С. 4–17.
65. Гальперин Е.И., Иванов Л.И., Малиночка В.В., Кашин В.М., Кузнецов И.М. Состояние и тенденции развития сейсморазведочной аппаратуры за рубежом. М., 1983. (Обзор информ. / ВНИИОЭНГ. Сер. Нефтегазовая геология и геофизика. Вып. 15).
66. Гальперин Е.И., Кормаев Ю.Н., Кузнецов И.М., Малиночка В.В. Состояние и тенденции развития обрабатывающих систем сейсморазведочных материалов и сервисной аппаратуры за рубежом // Нефтегазовая геология и геофизика. М.: ВНИИОЭНГ, 1984. Вып. 10.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ СИДОРИН Александр Яковлевич — кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук. 123995, ГСП-5, Москва, Д-242, ул. Большая Грузинская, д. 10. Тел.: (499) 254-42-68. E-mail: sidorin@ifz.ru

E.I. GALPERIN AND THE REVOLUTION IN SEISMIC PROSPECTING IN THE LAST QUARTER OF THE XX CENTURY

ALEXANDER YA. SIDORIN

Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Keywords:
E.I. Galperin, vertical seismic profiling, deep seismic sounding method, seismic acoustic, borehole observations.

Abstract. A brief scientific biography of Evsei Iosifovich Galperin is presented. E.I. Galperin is a participant of the Great Patriotic War, doctor of technical sciences, known in the world as the inventor and founder of a new extremely effective seismic prospecting method — vertical seismic profiling (VSP). The Gold medal of the Exhibition of Economic Achievements, State Prize on Science and Engineering, and the Badge of Honor Order were awarded to him for invention and implementation of VSP. In addition to VSP, E.I. Galperin developed a polarization method of seismic investigations based on vector analysis of seismic wave fields instead of scalar one. His developments caused revolution in the theory and practice of seismic prospecting. E.I. Galperin

made great contributions into development of the deep seismic sounding method, especially in its sea modification, correlation method of earthquake studies. Development of boreholes seismic prospecting in our country is connected to E.I. Galperin; he was the first to start using boreholes observation for seismic monitoring in regions of large industrial centers.