

УДК 550.34

Ученицы Б. Б. Голицына – Наталья Агаповна Линден и Анна Яковлевна Левицкая

А. Г. Москвина

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

АННОТАЦИЯ Наталья Агаповна Линден (1887–1963) и Анна Яковлевна Левицкая (1889–1964) – старейшие сотрудники Института физики Земли, стоявшие у истоков российской сейсмологии. Работы А. Я. Левицкой по сейсмичности Крымско-Черноморского региона и Н. А. Линден по Арктике и Средней Азии позволили

поставить вопрос о связи сейсмичности с геологией района и рассматривать землетрясение как результат тектонических процессов, протекающих в регионе. Чисто практическим выходом из их исследований являлись карты сейсморайонирования, используемые в народнохозяйственных целях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:
сейсмичность, землетрясение, эпицентр, гипоцентр.

Имена Натальи Агаповны Линден и Анны Яковлевны Левицкой обычно вспоминаются вместе. Причин тому много: они ровесницы, почти одновременно пришли в сейсмологию, обе – ученицы Бориса Борисовича Голицына, прошли, что называется «бок о бок» полувековой путь в науке, работали в одной комнате и даже жили в одном доме, только в разных квартирах. Однако начало пути вследствие различного социального происхождения складывалось по-разному.

Наталья Агаповна Линден (Гольшева) родилась 27 августа 1887 г. в простой крестьянской семье в д. Шудег Вятской губернии (теперь это – пос. Старые Зятцы Удмуртии). Начальное образование она получила в сельской школе и двухклассном училище. Но, видно, кончила одной из лучших учениц, поскольку ей была предложена земская стипендия для продолжения обучения. Фактически ребенком она покинула родной дом и уехала за 200 км в Вятку (с 1934 г. – г. Киров). Вступительные экзамены за начальную школу были сданы успешно. Ее зачислили в четвертый класс гимназии. Родные существенной помощи оказывать не могли, тем более, что в 1901 г. отец умер. С 7-го класса гимназии ей приходилось давать уроки, добавляя деньги к стипендии, которая составляла 6 руб. в месяц.

Гимназию она окончила в 1905 г. и начала работать учителем в одной из деревень Вятской губернии. Педагогическая деятельность продолжалась два года. В 1907 г. она уезжает в Петербург с целью продолжения

своего образования и поступает на Бестужевские Высшие женские курсы.

Бестужевские курсы – одно из первых в России высших учебных заведений для женщин – давали окончившим право преподавать в средних женских учебных заведениях, т. е. возможность получить работу и жить в крупных городах. Курсы были открыты в 1878 г. Во главе их стал профессор Петербургского университета, академик, специалист по русской истории Константин Николаевич Бестужев-Рюмин, по имени которого они и были названы.



НАТАЛЬЯ АГАПОВНА
ЛИНДЕН
(1887–1963)

Курсы просуществовали 8 лет и в 1886 г. наряду с другими высшими учебными заведениями для женщин были закрыты. Через четыре года (в 1890 г.) усилиями научной общественности их работа возобновилась, однако увеличенная вдвое плата за обучение, требование жить если не в семье, то в пансионе существенно затрудняли приток слушательниц из малоимущих слоев населения. Тем не менее высокий уровень преподавательского состава, расширение возможностей дальнейшего трудоустройства привлекали в них большое число желающих получить высшее образование, и в начале XX в. число слушательниц составляло несколько тысяч. На курсах имелось два факультета: словесно-исторический и физико-математический.

Наталья Агаповна выбрала второй факультет и в 1907 г. была зачислена на первый курс. Стипендия курсисток была значительной, не в пример выше гимназической вятской – 250 руб. в год. Но почти половину (100 руб.) приходилось отдавать за обучение. Остальных денег на жизнь не хватало, тем более, что и Петербург – не Вятка, и возраст – уж не ребенок. И опять, как и раньше, пришлось давать уроки. Эта двойная нагрузка, а на последнем курсе добавились еще и семейные заботы (Наталья Агаповна вышла замуж за студента Петербургского университета Иллариона Семеновича Линдена), требовала большой собранности и организованности и на всю жизнь заложила в ее характере ответственность за выполняемую работу, казалось бы, внешне неторопливую, но четко спланированную организацию труда.

С 1909 г. на Бестужевских курсах появился новый профессор – академик князь Борис Борисович Голицын. Он к тому времени имел уже 15-летний стаж преподавательской работы, читая в Морской академии несколько курсов по физике: электричество, магнетизм, акустика, оптика, электротехника. На Бестужевских курсах он читал термодинамику. К этому времени область его интересов определилась полностью. Хотя в силу своего широкого кругозора он не оставлял работ общегеофизического плана (исследования по атмосферному электричеству, атмосферной оптике и акустике, метеорологии), однако основное направление его научной деятельности было связано с сейсмологией и сейсмометрией.

Интерес к сейсмологии в России возникает во второй половине XIX века после нескольких разрушительных землетрясений,

особенно, Шемахинских 1859 и 1872 гг. и Верненского (Алма-Ата) 1887 г. Первые работы носили чисто описательный характер. Позднее, наряду со сбором данных об исторических землетрясениях и экспедициями в эпицентральных районах с целью изучения геологических условий возникновения землетрясений и их последствий, организуются сначала сейсмические пункты, оснащенные простейшими сейсмоскопами, а затем несколько сейсмических станций, оборудованных довольно примитивными сейсмографами. Малая развертка, низкая чувствительность, отсутствие затухания, гасящего собственные колебания прибора, и полоса пропускания, плохо согласованная с частотным составом сейсмических волн, позволяли только получать моменты вступления «первой предварительной фазы», как тогда называли продольные волны. Б. Б. Голицын положил начало инструментальной сейсмологии, предложив совершенно новый способ регистрации колебаний – электродинамический. Он создал новый, лишенный прежних недостатков, тип сейсмографа с гальванометрической регистрацией, разработал их теорию, предложил способ определения и регулировки их постоянных, что позволило выполнять идентификацию всех трех компонент приборов и способствовало проведению интерпретационных работ, сконструировал регистрирующую аппаратуру. Работы Б. Б. Голицына открыли новую эру в сейсмологии не только российской, но и международной, превратили ее из отрасли географических наук в самостоятельную науку с собственными методами исследования, открыли перед ней широкие горизонты изучения не только собственно землетрясений, но и строения недр Земли. Это было время становления сейсмологии как точной науки, опирающейся на физические законы и использующей строгие методы математического анализа.

Это сознание, что присутствуешь у истоков нового направления, а также личные человеческие качества Б. Б. Голицына: кипучая деятельность, неутомимость и искренняя заинтересованность в работе, приветливость и простота в общении при полном отсутствии «кастовых» барьеров привлекали к нему студентов, часть из которых связали с сейсмологией свою дальнейшую судьбу. В 1912 г., окончив Бестужевские курсы, в сейсмологию пришла Наталья Агаповна Линден, в следующем, 1913 г., – Анна Яковлевна Левицкая.

Анна Яковлевна Левицкая родилась 31 июля 1889 г. в Башкирии, в с. Калегино Бирского уезда Уфимской губернии в семье земского врача. Она получила образование обычное по тем временам для ребенка из интеллигентной семьи: сначала домашнее, а затем в Уфимской гимназии, окончив которую в 1907 г. сразу поступила на Бестужевские курсы, на физико-математический факультет. Попутно совершенствовалась в иностранных языках – хорошо владела французским, хуже немецким и английским, а из детского окружения российской «глубинки» вынесла знание татарского языка. Окончив курсы, Анна Яковлевна начала работать в Постоянной Сейсмологической комиссии, но еще несколько лет продолжала свое образование: кончила двухгодичные педагогические курсы при Петроградском учебном округе (1914–1915 гг.), а еще через год, в 1916 г., прослушав ряд курсов в Университете, сдала государственные экзамены по физико-математическому факультету в объеме университетской программы. Это очень помогло ей позже. Когда в суровые годы революции и гражданской войны сейсмологи оказались не у дел, Анна Яковлевна в течение нескольких лет преподавала в различных высших учебных учреждениях.

Трудовой стаж и Н. А. Линден и А. Я. Левицкая начали в Центральном бюро Постоянной центральной сейсмологической комиссии Российской академии наук (ПЦСК). Это была первая настоящая сейсмологическая организация в России. В отличие от самой ПЦСК, учрежденной в 1900 г. как координационный центр, который осуществлял связь между различными организациями, ведущими сейсмологические работы, и вырабатывал общее направление исследований, Центральное бюро решало совершенно конкретные задачи: наблюдение за работой сейсмических станций, оснащение их аппаратурой, проведение обработки и публикация данных наблюдений, подготовка кадров сейсмологов. К этому времени усилиями Б. Б. Голицына при Центральном бюро были расширены штаты вычислителей и созданы мастерские, которые выпускали сейсмографы, удовлетворяя заказы не только российских, но и иностранных сейсмических станций. Как писал А. Семенов-Тяньшаньский в биографическом очерке Б. Б. Голицына: «Это был редкий, если не единственный случай, когда русские приборы с клеймом "St. Petersburg" или "Petrograd", без всякой иноземной помощи выработанные и постро-

енные в России, были установлены во Франции, Англии, Германии, Австро-Венгрии, Швейцарии и других странах».

Сотрудники Центрального бюро ПЦСК получали знания по сейсмологии, что называется, «из первых рук». Все новые разработки Б. Б. Голицына тут же опробовались на наблюдательном материале и внедрялись в практику интерпретации. Сейсмологов было немного и они не делились строго на «обработчиков» и «прибористов». Каждый должен был быть в курсе тех и других вопросов. И Н. А. Линден, оформленная вычислителем, что предполагало обработку сейсмограмм, начала работать с приборами, осуществляя их наладку, определение и регулировку постоянных с целью идентификации горизонтальных и вертикальной компонент, выполняя расчет частотных характеристик и кривых увеличения. Этой работе Б. Б. Голицын придавал большое значение, считая, что при наличии малого числа сейсмических станций и еще не совершенных годографов надежное определение моментов вступлений и азимутов прихода сейсмических волн – необходимое условие для точного определения координат очага землетрясения. Работа с приборами выработала у Натальи Агаповны скрупулезность и ответственность, характерные для всей ее последующей деятельности.

Наряду с аппаратурными работами, Н. А. Линден стала заниматься и обработкой наблюдений, участвуя в подготовке к изданию Сводного бюллетеня. Он создавался на основе еженедельных бюллетеней Центральной сейсмической станции Пулково и шести российских сейсмических станций 1-го класса: «Тифлис», «Ташкент», «Баку», «Екатеринбург», «Иркутск», «Макеевка». В дополнение к ним в Центральном бюро велась обработка данных более десятка станций 2-го класса, расположенных на Кавказе, в Средней Азии, Прибайкалье. Ответственным редактором Бюллетеня был Павел Михайлович Никифоров, один из первых учеников Б. Б. Голицына и будущий член-корреспондент АН СССР, директор Сейсмологического института АН СССР.

Этот Бюллетень в корне отличался от бюллетеней, выпускаемых в первые годы столетия, которые чисто описательный характер полученных сейсмограмм. Они давали только времена начала и конца (или ослабления) колебаний, время и амплитуду (в миллиметрах записи) их максимальной фазы. В них не идентифицировались продольные (P)

и поперечные (S) волны, не определялись эпицентры событий. Теперь же в бюллетене стали указываться времена вступлений Р- и S-волн, координаты эпицентра, эпицентральные расстояния от каждой из станций, периоды и амплитуды в максимальной фазе колебаний, причем уже не в миллиметрах записи, а в микронах смещения почвы, что могло быть использовано для энергетических оценок. Эта работа стала хорошей школой для Н. А. Линден, приобщила ее к работе с сейсмограммами. Ее огромная интуиция, удивлявшая всех, кто работал с ней впоследствии, базировалась на огромном опыте, основы которого были заложены в эти первые годы ее работы с Б. Б. Голицыным.

Первая империалистическая война, смерть Б. Б. Голицына в 1916 г. замедлили развитие отечественных сейсмологических исследований, а в годы революции и гражданской войны они были практически полностью прекращены. Прекращалось финансирование работ, снабжение станций фотобумагой и реактивами. Станции одна за другой консервировались, последней закрылась станция «Пулково».

Эти годы были тяжелыми для Н. А. Линден. Ее муж в 1914 г. призывается в армию и уходит на фронт, оставив ее одну с маленькой дочкой на руках. Осенью 1919 г. он умирает от воспаления легких, будучи уже в рядах Красной Армии. А. Я. Левицкая на время уходит из сейсмологии. С 1917 г. она работает сначала ассистентом на кафедре физики на Стебутовских сельскохозяйственных курсах в Петрограде, а затем преподает физику в Ленинградском университете.

Восстановление сейсмической службы начинается после окончания гражданской войны. В 1922 г. вице-президент Академии наук академик В. А. Стеклов добивается ассигнований на возобновление сейсмических наблюдений и создает при руководимом им Ленинградском Физико-математическом институте сейсмический отдел. Заведующим отделом становится П. М. Никифоров, а среди немногочисленных его сотрудников – Н. А. Линден и А. Я. Левицкая. С 1923 г. возобновляются наблюдения на сейсмических станциях, во главе которых становятся люди, на всю жизнь связавшие свои судьбы с сейсмологией: К. А. Днепровская (Пулково), З. Г. Вейс-Ксенофонтова (Свердловск), А. А. Тресков (Иркутск), Е. И. Бюс (Тифлис), Г. В. Попов (Ташкент). Под Москвой, в Кучино, организует наблюдения Вячеслав Францевич Бончковский (впоследствии про-

фессор, заведующий отделом сейсмологии, а с 1944 по 1947 г. и.о.директора Сейсмологического института).

В эти годы, когда восстановление народного хозяйства государства после разрухи, связанной с гражданской войной, шло полным ходом, встал вопрос о развитии промышленности и строительстве городов в окраинных областях страны – Средней Азии, Сибири, на Дальнем Востоке – в местах с высокой сейсмической активностью. Поэтому кроме прежних задач (регистрации землетрясений и изучения строения Земли) перед сейсмологами была поставлена задача чисто практическая – сейсмозонирование территории страны.

Это потребовало строительства новых сейсмических станций и привлечения новых сотрудников для работы на них. Труд сейсмологов стал востребованным, однако еще ни одно из высших учебных заведений не выпускало специалистов этого профиля. Приходилось принимать на работу людей, совершенно не знакомых с этой дисциплиной и спецификой работы на станциях, и обучать их, что называется «с азов». Этим и занялись, наряду с их обычной работой, сотрудники отдела сейсмологии и среди них – Н. А. Линден и А. Я. Левицкая. Воспитанная Б. Б. Голицыным в пунктуальном соблюдении правил и большой ответственности за выполняемую работу, Наталья Агаповна была учителем строгим и требовательным, что, однако, сочеталось с исключительно благожелательным отношением к людям и искренней заинтересованностью в результатах работы. Анна Яковлевна в силу своей природной деликатности была, казалось, менее строгим учителем, но как бы ни был ее голос тих и обращение мягким, она умела заставить человека воспринять необходимые знания.

Но основная работа и Н. А. Линден и А. Я. Левицкой в отделе сейсмологии заключалась в обработке наблюдений. Хотя выпуск Сводного бюллетеня еще не был налажен, в отделе закладывается сейсмологический архив. Данные всех станций сводятся на специальные карточки, этим формируется рукописный каталог инструментальных наблюдений и создается ценный архивный материал, необходимый для проведения дальнейших научных исследований. Это была очень ответственная работа, требующая большой внимательности и аккуратности. Важность ее была бесспорна. Достаточно сказать, что именно на базе этого архива впо-

следствии Н. А. Линден были переопределены координаты гипоцентров сотен и сотен землетрясений и выпущены Каталоги арктических, туркменских, курило-камчатских и глубокофокусных землетрясений. А. Я. Левицкая также занималась интерпретацией наблюдений, но в отличие от Натальи Агаповны, которая вела обработку телесеismicких событий, на ее долю выпала обработка близких землетрясений. Работа эта в то время казалась неблагодарной. Малое число региональных станций не позволяло получать надежные данные о координатах эпицентра и зачастую фиксировался лишь сам факт происшедшего события. Трудно было представить, что такое бесперспективное дело может приносить удовлетворение в работе, но оказалось, что хрупкая маленькая Анна Яковлевна обладает огромным запасом терпения и воли. При меньшем общем числе землетрясений легче оказалось «узнавать в лицо» события из определенных районов и там, где не доставало данных, помогал опыт интерпретатора. Региональные сейсмические станции были установлены главным образом на Кавказе. Этот район, а позже и Крым стали «сейсмической вотчиной», раскрывшей свои секреты А. Я. Левицкой.

К концу 1920-х годов отдел сейсмологии окреп настолько, что оказалось возможным на базе его создать в 1928 г. самостоятельный Сейсмологический институт АН СССР во главе с П. М. Никифоровым, который в 1932 г. был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР. В 1934 г. в связи с переводом Академии Наук из Ленинграда в Москву Сейсмологический институт также переезжает в столицу. К этому времени он становится не только головным сейсмологическим институтом страны, но по праву занимает одно из первых мест в мире наряду с сейсмологическими подразделениями Токійского университета и Калифорнийского технологического института. Сюда приходят и прочно связывают с ним свою работу разработчики сейсмографов – Дмитрий Петрович Киринос и Дмитрий Александрович Харин, сейсмологи и геофизики – Евдокия Александровна Розова, Вячеслав Францевич Бончковский, Надежда Александровна Введенская. С 1934 г. здесь начинает работать Евгений Федорович Саваренский, будущий член-корреспондент АН СССР, бессменный заведующий станцией «Москва», а с 1949 г. – руководитель отдела сейсмологии Геофизического института АН СССР. Фронт работ расширяется, но при всем разнообразии

программных исследований, сейсмическая служба и выпуск бюллетеней остается одним из важнейших направлений в Институте.

В конце 1920-х годов на смену еженедельным бюллетеням, которые подготавливались и выпускались станциями 1-го класса («Пулково», «Свердловск» и др.), приходит ежеквартальный Сводный бюллетень. Прежде всего был налажен выпуск Бюллетеня станций 1-го класса (выпуски за 1928–1935 гг.), который затем был преобразован в Бюллетень телесеismicких станций (1936–1939 гг.). Отдельно выпускались и Бюллетени региональных сетей станций: Среднеазиатской (1927–1938 гг.), Крымской (1928–1939 гг.) и Кавказской (1933–1937 гг.). Исполнителями этой огромной и ответственной работы, начиная с научной обработки материалов и кончая технической – подготовкой сборников к печати, были Н. А. Линден (телесеismicка) и А. Я. Левицкая (региональная сейсмика по Крыму и Средней Азии за указанные годы, а по Кавказу – за 1936, 1939 гг.).

Отдав обработке наблюдений много лет, Н. А. Линден и А. Я. Левицкая становятся специалистами высочайшего класса, непревзойденными интерпретаторами землетрясений.

Обработка телесеismicких данных в те годы велась методом засечек на глобусе диаметром 75 см. При этом использовались годографы Вихерта и Джеффриса. Сталкиваясь зачастую с ошибками определения эпицентров вследствие несовершенства имеющихся годографов Н. А. Линден совместно с заведующей сейсмической станции «Пулково» К. А. Днепровской подготавливают новый годограф. Именно этот годограф позволил получить более надежный эпицентр землетрясения, происшедшего 20.11.1933 г. к западу от Гренландии, в Баффиновом заливе.

Баффинов залив до тех пор предполагался асейсмичным. На страницах журнала «Nature» высказывалось даже предположение, что колебания, зарегистрированные сейсмическими станциями, вызваны не землетрясением, а падением крупного метеорита, подобного в какой-то степени Тунгусскому. Однако отсутствие воздушных волн на записях барографов делало предположение несостоятельным. Статья об этом землетрясении была опубликована Н. А. Линден в соавторстве с Н. В. Райко в Трудах Сейсмологического института № 61 за 1935 г. Работа эта, носящая, казалось бы, частный характер, определила на долгое время интерес Натальи Агаповны к Арктической зоне.

Арктическая зона в те годы была белым пятном на картах распределения землетрясений Земного шара. Землетрясения этого района регистрировались исключительно редко, и любой эпицентр, попадающий в эту зону, вызывал к себе некоторое недоверие. При довольно слабых международных связях, существовавших в то время, единственная работа Ходжсона (Е.А.Hodgson) по Арктике отсутствовала в Академической библиотеке в Ленинграде. Поэтому работа Н. А. Линден, в которой был приведен каталог арктических землетрясений с 1910 по 1934 гг., насчитывающий 88 землетрясений, эпицентры которых частично были определены Тернером (Н.Н.Turner), а частично Н. А. Линден по данным российских станций или даже по одной станции «Пулково», может с полным правом считаться пионерской.

Со свойственной ей скромностью, Наталья Агаповна, касаясь точности определения эпицентров, отдает предпочтение определениям Тернера. Однако карта распределения эпицентров, приведенная в ее работе 1935 г., позволяет утверждать, что точность определения их координат в том и другом случае сопоставима. Конечно, в целом она ниже, чем для событий средних широт, как по причине недостаточного числа станций, так и по причине в целом более слабой сейсмичности района, хотя, как показано в более поздней работе Н. А. Линден «О карте сейсмичности Арктики» 1959 г. (рис. 1, 2), содержащей данные о 356 землетрясениях Арктики за 1908–1958 гг., здесь отмечаются и значительные по силе землетрясения с магнитудами, достигающими значений ($M = 6.5-7$). Даже в этом, более надежном каталоге, составленном на основании более поздних и потому более полных исходных данных, только 17 из 356 землетрясений были отнесены по классу точности к группе Б (ошибка определения эпицентров менее 50 км), остальные давали бóльшую погрешность. Естественно, что сводка 1935 г. имела не лучшую точность.

Тем не менее составленная в 1935 г. карта сейсмичности позволила Н. А. Линден сделать вывод о том, что карта "намечает сейсмический пояс, идущий от о-ва Исландия к северным берегам Азии через о. Ян-Майен, западную часть Шпицбергена, Землю Франца Иосифа, достигая здесь самых северных широт". Опытный интерпретатор, она, исходя из вида сейсмограмм, отметила также, что глубины очагов землетрясений в различных участках Арктического сейсмического пояса варьируют, и указала на возможную связь

этого с особенностями рельефа дна: «землетрясения в Гренландском море локализуются в районах малых глубин, например, полоса эпицентров, проходящая через о. Ян-Майен, где малые глубины разделяют северную и южную впадины этого моря». Н. А. Линден отмечала, что исследованиями советских научных дрейфующих станций, которые начали действовать в Арктике с 1950 г., было «установлено, что дно арктического бассейна не представляет собой единую океаническую впадину, как считали раньше, а характеризуется очень сложным рельефом. Здесь есть горные системы, одну из которых составляет открытый в 1948 г. хребет Ломоносова¹ (мезозойского образования), простирающийся от материковой мели к северу от новосибирских островов, через район Северного полюса к Земле Элсмira. Глубины над этим хребтом кое-где менее 1000 м. Его склоны, особенно западный, очень круты. На западе от хребта расположена наиболее значительная по площади и по абсолютным отметкам глубоководная впадина (в некоторых местах более 5000 м). По другую сторону от хребта наибольшие глубины менее 4000 м. Восточнее хребта Ломоносова, параллельно ему, простирается хребет Менделеева, менее высокий, но столь же значительный по протяженности» (Н.А. Линден. Землетрясения в СССР. М., 1961, с. 387).

Вывод, полученный Н. А. Линден, явился основополагающим в цепи работ, выполненных позже по сейсмичности Арктики. Даже более полные, включающие в 4–5 раз больший по объему материал наблюдений, как упомянутая выше работа 1959 г. и более поздняя (1965 г.), основанная на данных наблюдений в период Международного геофизического года и опубликованная в «Annals of the International Geophysical Years», не только не меняют его кардинально, но и не вносят существенных изменений.

Тщательно обработанные с высокой степенью ответственности материалы Н. А. Линден поставили под сомнение существующее представление о характере дна Арктического бассейна как о единой глубоководной впадине, дали основание предполагать его более сложное строение. Это подтвердилось впоследствии, когда в 1948 г. советские ученые открыли в Северном Ледовитом океане мощный подводный хребет Ломоносова, а также обнаружили ряд горных систем, разделенных одна от другой глубокими впадинами. Работы Н. А. Линден показали, что сейсмичность может рассма-

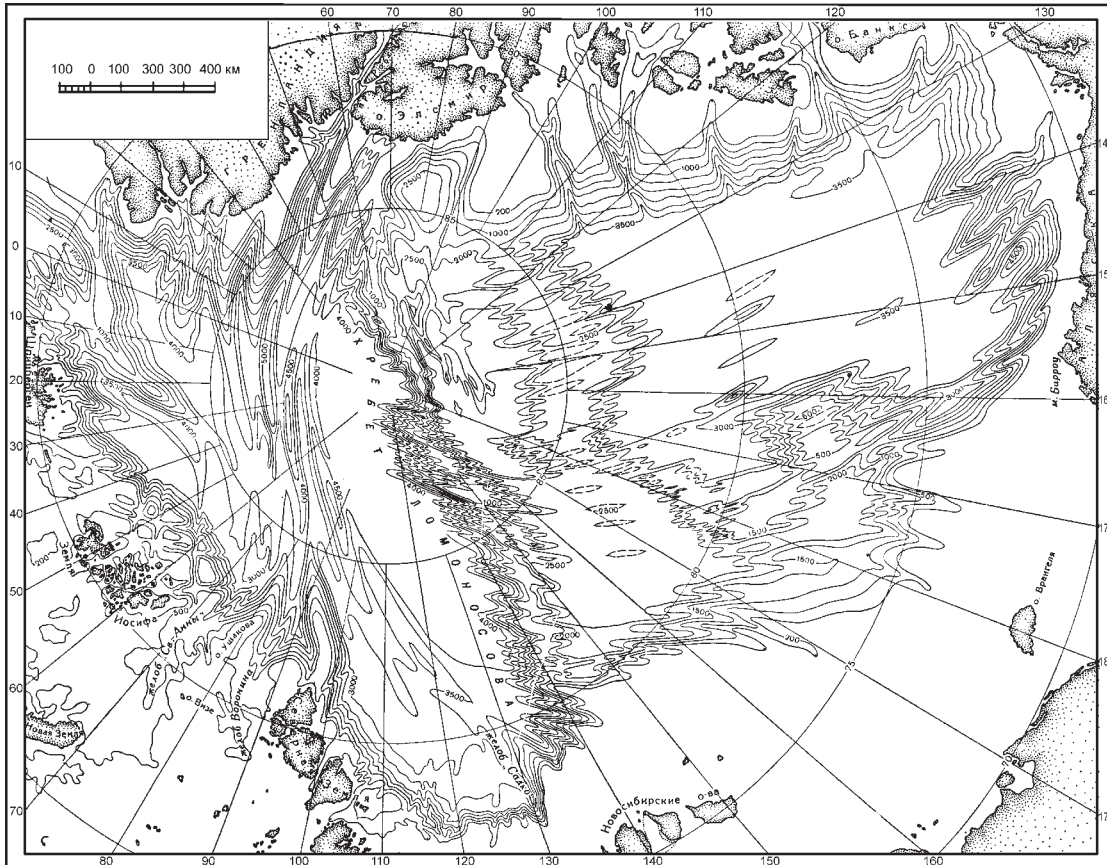


Рис. 1.
Батиметрическая карта 1955 г. Составлена Гаккелем (Линден Н. А. Сейсмичность Советской Арктики. Землетрясения в СССР. М., 1961, с.388)

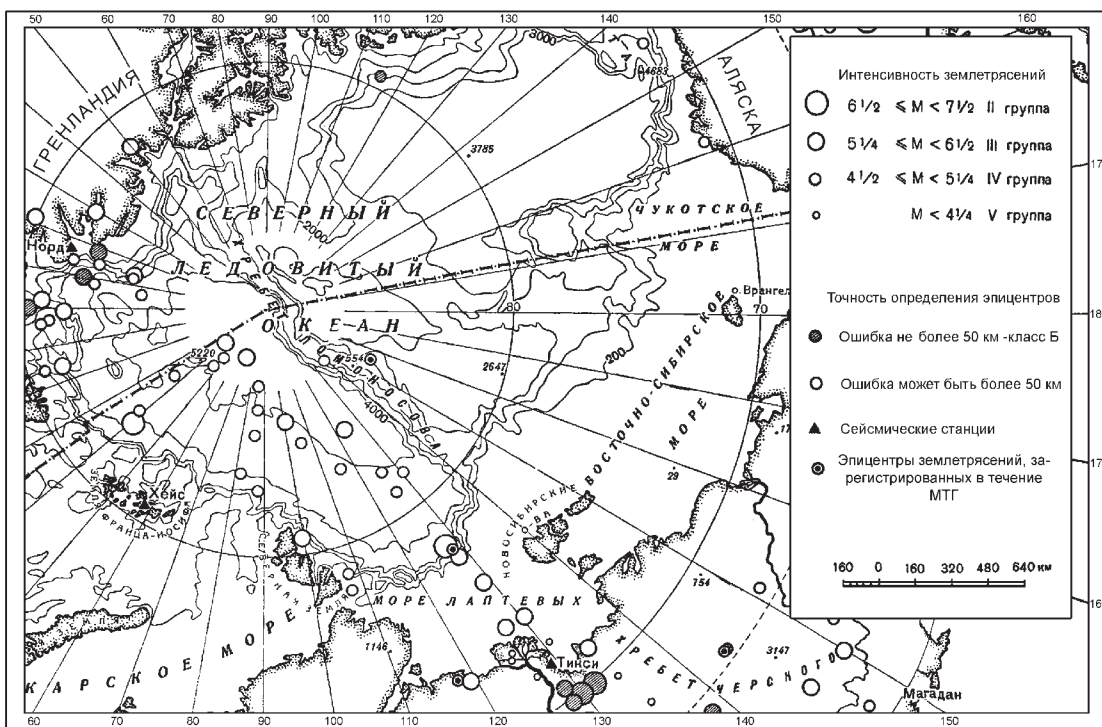


Рис. 2.
Карта сейсмичности Арктики
1, 2 – точность определения эпицентров:
1 – ошибка не более 50 км,
2 – ошибка может быть более 50 км;
3 – сейсмические станции

триваться как надежный индикатор тектонических движений, происходящих в земной коре, и возникновение очагов землетрясений напрямую связано с тектоническими структурами того или иного региона.

В отличие от исследований сильных телесейсмических событий, данные о которых не имелись у сейсмологов, с момента открытия первых сейсмических станций, изучение региональной сейсмичности могли начаться только с организации специальных сетей станций. В России прообразом таких сетей были станции 2-го класса, открытые еще в начале века благодаря активной деятельности Б. Б. Голицына. Однако первые годы показали непродуктивность их работы. Они были оборудованы тяжелыми маятниками системы Голицына с механической регистрацией. Малое увеличение приборов ($V=40$) позволяло регистрировать только самые ближайшие к станции землетрясения, а поскольку станции были расположены на больших расстояниях друг от друга (на огромной территории Средней Азии, например, работало всего три сейсмические станции), то в руках сейсмологов, как правило, оказывались единичные сейсмограммы того или иного события, что делало невозможным определение эпицентра.

Положение дел стало меняться в конце 1920-х годов, когда П. М. Никифоров создал макет простого, но достаточно чувствительного ($V=400$) сейсмографа, а разрушительное Крымское землетрясение 1927 г. подтолкнуло к организации массового выпуска этих приборов. Крым стал первым регионом, в котором на сравнительно небольшой территории были открыты четыре региональные станции, что оказалось достаточным для определения эпицентров местных землетрясений. Правда, точность первых определений была невелика из-за отсутствия годографа для данной зоны. Первые определения выполнялись по таблицам Конрада по разности времен между вступлением продольных волн и максимальной фазой на записи ($L-P$), что, принимая во внимание «размытый» вид волн L , определялось недостаточно надежно.

Уточнением координат эпицентров Крымских землетрясений занялась А. Я. Левицкая. Она использовала графический метод Вадати, позволяющий определять координаты эпицентра и глубину очага землетрясения по записям всего четырех станций. Метод не требовал знания годографа или скоростного разреза среды и потому

был свободен от ошибок, связанных с их неизбежной неточностью. Даже неточность хронометра была не критична, поскольку важен был не момент вступления волны, а разность времен прихода прямых волн $S-P$, которые на крымских станциях, удачно расположенных на хороших грунтах, имели четкие вступления и обеспечивали малую погрешность отсчета времени.

В результате за период 1928–1932 гг. были обработаны материалы по 23 крымским землетрясениям, построена карта эпицентров с указанием их глубин и распределение гипоцентров в вертикальных сечениях по меридиональному и широтному профилям, проходящим через Ялту. Они показали, что очаги землетрясений локализуются в Черном море в непосредственной близости к береговой линии. Ранее, когда при определении координат эпицентра не учитывалась глубина очага, эпицентры оказывались «отброшенными» далее, в море (рис. 3). Теперь было показано, что большая часть этих землетрясений попадает на область крутого континентального склона, располагаясь преимущественно в узкой (около 15 км) полосе вдоль юго-восточного берега Крыма между берегом и изобатой 2000 м, т. е. не попадает собственно в Черноморскую впадину. Средняя глубина фокусов составляет 20–30 км. Наибольшие глубины (до 40 км) отмечаются вблизи Ялты. По мере удаления от берега, а также в направлении к юго-западу и северо-востоку от Ялты глубины очагов уменьшаются.

Работа А. Я. Левицкой была опубликована в Трудях Сейсмологического института №60 за 1935 г. и положила начало серии ее работ по Крыму. Исследования А. Я. Левицкой дали в руки геологов ценнейший материал, позволяющий подтвердить их представления о геологических и тектонических процессах, протекающих в этой зоне. В работах, опубликованных позднее в соавторстве с геологами: Г. П. Горшковым «Некоторые данные по сейсмодектонике Крыма» и «Некоторые вопросы по сейсмодектонике Крыма», а также с М. В. Муратовым «О связи сейсмичности с тектонической структурой Черноморской впадины и окружающих ее областей» подчеркивается, что основная область сейсмических очагов приходится на наиболее крутой участок континентального склона вблизи Ялты.

Континентальный склон – структура тектоническая, граница между областями подъема Крымских гор и опусканием Черноморской впадины. Характер фокальной

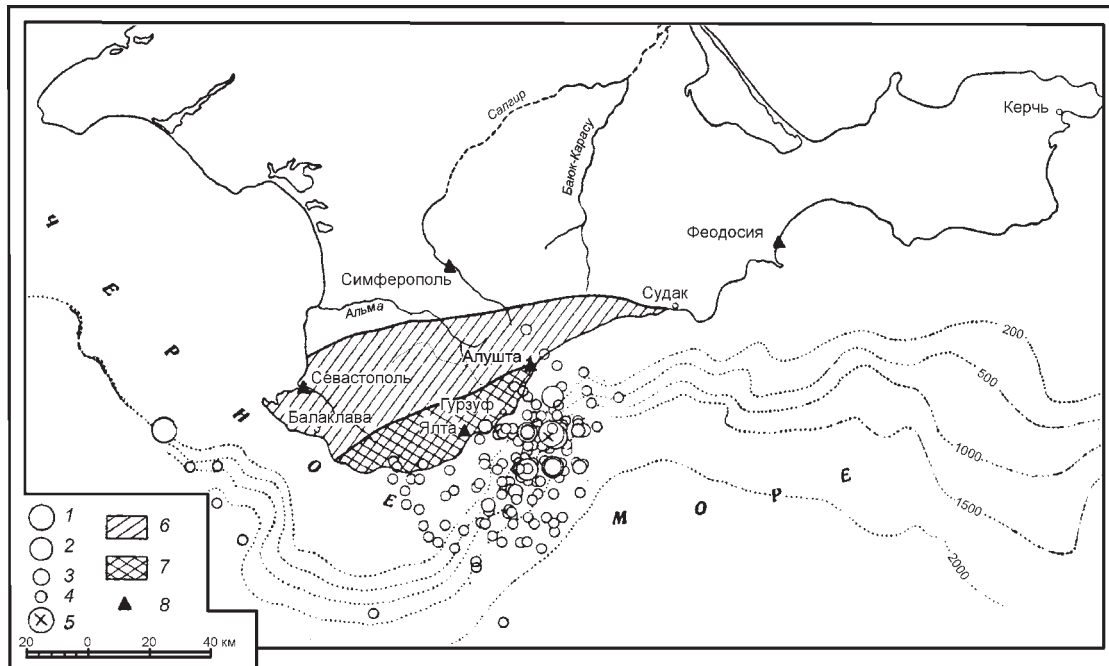


Рис. 3.
Распределение
эпицентров
землетрясений в Крыму в
1927–1958 гг.
1 – $7\frac{1}{4} \geq M \geq 6\frac{1}{2}$
2 – $6\frac{1}{4} \geq M \geq 5\frac{1}{4}$
3 – $5 \geq M \geq 4\frac{1}{4}$
4 – $M < 4\frac{1}{4}$
5 – эпицентр
землетрясения
11.09.1927 г.;
6 – область 7-балльного
сотрясения;
7 – область 8-балльного
сотрясения;
8 – сейсмические станции
(Левицкая А. Я.
Сейсмичность Крыма.
Землетрясения в СССР.
М., 1961, с. 218)

зоны – узкая полоса, выходящая к морскому дну в пределах континентального склона и падающая под углом примерно 60° к северо-западу под массив горного Крыма, уверенно подтверждает, что очаги землетрясений приурочены к границе зон различно направленных современных движений земной коры. Работа А. Я. Левицкой подчеркивает тесную связь и обусловленность землетрясений тектоническими процессами, протекающими в регионе.

Интересно отметить, что спустя почти четверть века после первых работ Левицкой, Л. М. Балакина в связи с подготовкой к печати «Атласа землетрясений СССР», используя сейсмограммы советских и зарубежных сейсмических станций, выполнила на основе методики А. В. Введенской определение механизма очага сильнейшего Крымского землетрясения 11.09.1927 г. При этом оказалось, что наиболее вероятным движением в очаге землетрясения был вертикальный сброс близмеридионального простирания. Его параметры не противоречили распределению эпицентров афтершоков, а также их гипоцентров в вертикальном сечении. Сбросовая подвижка, определенная в очаге этого землетрясения, согласуется также с геологическими данными, по которым происходит постепенное опускание Черноморской впадины и расширение ее в сторону Крымских гор.

Учитывая значимость работ Н. А. Линден и А. Я. Левицкой по Арктическому и Крымскому регионам, им в 1936 г. по совокупности работ были присвоены ученые степени

кандидатов физико-математических наук.

В годы Великой Отечественной войны Сейсмологический институт эвакуируется в г. Ташкент. Налаженный П. М. Никифоровым порядок работ нарушается: прекращаются экспедиционные работы, перестают выпускаться сейсмологические бюллетени, за линией фронта оказываются сейсмические станции в Крыму, по причине прекращения материального обеспечения закрываются станции и на Кавказе, нарушаются связи между отдельными станциями и центром.

В это время Н. А. Линден и А. Я. Левицкая, как хранители заложенных еще при Б. Б. Голицыне традиций, продолжают вести рукописный каталог, пополняя сейсмический архив. Позже эти данные позволили наладить выпуски очередных бюллетеней. Издания их возобновились в 1945 г., когда вышли из печати бюллетени за 1940 г. и первые военные годы. В последствии задержка выпусков была сокращена, и с 1949 г. они стали выходить регулярно с опозданием не более чем на год.

Однако за эти годы выяснилось, что обработка данных отдельно по регионам приводит к ошибкам в определении координат эпицентров, а зачастую и вообще делает это невозможным из-за недостаточного объема данных, используемых каждым отдельным кустом станций. Особенно ярко это проявилось в связи с выяснением координат Гармского землетрясения 20 апреля 1941 г.

Гармское землетрясение 1941 г. было достаточно сильным. Интенсивность со-

трясений в эпицентральной зоне достигла 8-9 баллов, а магнитуда, определенная впоследствии, когда этот параметр был введен в рутинную обработку, оценивается в 6.4. От землетрясения пострадали десятки кишлаков, 12 из них были разрушены полностью. Для изучения геологических условий его возникновения и картирования макросейсмических проявлений Таджикским филиалом АН СССР была организована специальная экспедиция. Руководство экспедицией было поручено геологу, в будущем члену-корреспонденту АН СССР Игорю Евгеньевичу Губину, специалисту по геологии и тектонике Таджикистана. И.Е. Губин детально исследовал район землетрясения, обследовав десятки населенных пунктов, составил карту изосейст, проанализировал особенности афтершоковой последовательности и, сопоставив результаты с геологической картой района, дал координаты и глубину очага землетрясения, отличные от инструментальных, полученных Н.А. Линден по материалам удаленных станций и А.Я. Левицкой – по близким. Эти расхождения побудили Е.Ф. Саваренского откликнуться статьей «Некоторые вопросы точности интерпретации и Гармское землетрясение 1941 г.»

Дискуссия была достаточно плодотворной и позволила оценить точность определений эпицентров при использовании разных методик, различных годографов и различного набора станционных данных. Она показала, что определение координат эпицентров раздельно по данным только региональных или только телесейсмических станций приводит к ошибкам. В результате был прекращен выпуск раздельных бюллетеней (региональных и телесейсмических станций) и начат выпуск единого Сводного бюллетеня сейсмических станций СССР. Выпуск его за 1940–1951 гг. по-прежнему осуществляют Н.А. Линден и А.Я. Левицкая, к которым позже присоединилась Е.А. Розова. И только к середине 1950-х годов, когда с развитием сети станций и оснащением их высокочувствительной аппаратурой число ежегодно регистрируемых событий начало исчисляться сотнями, а обработка данных стала вестись республиканскими сейсмологическими учреждениями, груз этой огромной организационной работы был снят с их плеч. Его приняли на себя Надежда Александровна Введенская (Бюллетени за 1952-1954 гг.), а позже – Надежда Владимировна Кондорская (1955–1977 гг.).

Однако обработка наблюдений и подготовка к выпуску Сводного бюллетеня, ра-

бота исключительно трудоемкая и в основе своей рутинная, открывала сейсмологу непосредственный доступ к архиву и давала в руки интерпретатора ценный материал для дальнейших научных исследований. Именно на базе этого архива строится дальнейшая работа Н.А. Линден и А.Я. Левицкой.

В 1947 г. Н.А. Линден публикует обширную сводку – Каталог глубокофокусных землетрясений за 1909–1944 гг. (Труды Сейсмологического института, № 124). О существовании таких землетрясений сейсмологи подозревали давно. Одним из первых был Г.Лэмб (H.Lamb), который уже в 1904 г., наблюдая ослабление волн Рэлея при некоторых землетрясениях, высказал предположение о вариациях глубин очагов. Постепенно, накопление наблюдательного материала позволило получить новые данные. Было отмечено, что при ослаблении поверхностных волн вступления объемных, наоборот, регистрируются наиболее четко. Правда, К.Цеприц (Zöppritz) пытался объяснить этот факт с энергетических позиций, а также характером очагового процесса, например, возникновением множественного числа разрывов в очаге, т. е. тем, что впоследствии получило название «мультиплетности». Были отмечено также и наличие четких фаз в интервале времен между вступлениями волн Р и РР, хотя они и не были проинтерпретированы правильно, как волны рР, отраженные от земной поверхности вблизи эпицентра.

В 1910-х годах сейсмологи уже более определенно начали говорить о возможном возникновении очагов на больших, вплоть до 600 км, глубинах, а в 1920-х годах в работах Б.Гутенберга (Gutenberg), К.Вадати (K.Wadati) и других вопрос о существовании мантийных землетрясений уже не подвергался сомнению. Появляются таблицы времен пробега сначала волн Р, а затем и других фаз от глубоких землетрясений. И, наконец, в 1938 г. Б.Гутенберг и Ч.Рихтер (C.Richter) публикуют первый каталог мантийных землетрясений, включающий примерно 250 событий преимущественно из района Тихоокеанского сейсмического пояса, незначительного числа гиндукушских землетрясений и буквально по одному-двум землетрясениям Карпат, Эгейского моря, Ирана. Этот каталог был потом дополнен в работах 1939 и 1941 гг., однако география его не была расширена.

Тем временем в станционных архивах советских станций накапливалось число

сейсмограмм с записями, по виду отличающимися от записей обычных поверхностных землетрясений или приводящими к ненадежной эпицентрии, выполненной по традиционной методике с использованием годографов, рассчитанных в предположении о мелком залегания очага. Координаты эпицентров этих событий, вычисленные по данным отдельных станций, имели большой разброс, а засечки на глобусе в лучшем случае давали треугольник, который никак не удавалось свести к точке. Н.А. Линден взялась за большую работу – переопределение координат эпицентров таких «неправильных» событий. Была проделана колоссальная работа, просмотрены сотни и сотни сейсмограмм за период 1909–1944 гг., и для тех из них, записи которых вызывали сомнения в мелком залегании очага, заново проведена обработка. В результате было обработано 450 землетрясений, половина из которых стала дополнением к каталогу Б.Гутенберга и Ч.Рихтера. В отличие от последнего, который содержал эпицентры событий главным образом из Тихоокеанского сейсмического пояса, каталог Н.А. Линден давал распределение глубин очагов в Центральной Азии (Гиндукуш), южной и юго-восточной Европе (Карпаты и Средиземноморье). Данные по этим регионам практически отсутствовали в каталоге Б.Гутенберга и Ч.Рихтера. Землетрясения были разбиты на три группы по глубинам: 50–140, 150–340 и свыше 350 км. Составленная Н.А. Линден карта глубокофокусных землетрясений показала, что самые глубокие очаги (до 650 км) расположены в юго-западной части Тихого океана и Охотском море; промежуточных глубин (200–250 км) достигают очаги гиндукушских и средиземноморских землетрясений; заглупление очагов в юго-восточной Азии сравнительно невелико – 120 ± 50 км.

В октябре 1948 г. произошло катастрофическое Ашхабадское землетрясение. Для изучения его повторных толчков Геофизическим институтом АН СССР была организована специальная экспедиция, в задачи которой входило также исследование сейсмической активности юга Туркмении и составление карты сейсморайонирования, необходимой для народнохозяйственных целей. Этот район, несмотря на его достаточно высокую сейсмическую активность, был белым пятном на соответствующих картах. Причиной этого было фактическое отсутствие сейсмических станций в регионе. Только в конце 1940-х годов здесь были открыты станции в

Ашхабаде, Мары и Кизыл-Арвате, а до того ближайшие станции были в Баку – на западе и в Самарканде – на востоке. Кроме того, до середины 1920-х годов в Союзе отсутствовали сводные сейсмические бюллетени, а международные бюллетени, базирующиеся на наблюдениях удаленных станций, представляли данные только о сильных землетрясениях, да и то, как выяснилось позже, они не отличались точностью.

Поэтому перед Геофизическим институтом АН СССР была поставлена задача, используя имеющиеся бюллетени отдельных станций, провести по их данным с учетом современных годографов, сводную обработку и составить карту эпицентров. За эту работу взялась Н.А. Линден, имевшая к тому времени огромный опыт обработки удаленных землетрясений. Несмотря на сложность задачи: недостаток станционных данных, отсутствие надежных станционных годографов и полного набора исходных сейсмограмм, что делало затруднительным точную оценку глубины очага и силы землетрясения, ею был составлен каталог туркменских и каспийских землетрясений за период 1912–1951 гг., включающий 86 сильных землетрясений, проявившихся на поверхности с силой 7 баллов и выше. Эта работа в соавторстве с Е.Ф. Саваренским и С.И. Масарским опубликована в Известиях АН СССР за 1953 г.

Проведенное исследование показало, что очаги туркменских землетрясений залегают в пределах земной коры. Оно также позволило выделить две сейсмоактивных зоны Туркмении: Красноводскую, между Прикаспийской депрессией и Туранской плитой, и Ашхабадскую, наиболее сейсмоактивную. Важным результатом исследования было уточнение положения некоторых эпицентров, определенных ранее международными сейсмологическими центрами только по данным удаленных станций, что приводило к неправильной трактовке геологии района.

Так, ошибка в координатах эпицентра землетрясения 14.07.1933 г, определенных Б.Гутенбергом без учета данных близких станций, достигает примерно 200 км. Это привело к неправильному заключению, что южная граница платформы проходит значительно севернее не только в Туркмении, но и в Казахстане. Как писали авторы статьи: «Это утверждение представляется нам мало убедительным». Это мягко выраженное замечание на самом деле очень важно. Работа авторов показала, что сейсмические данные – серьезный аргумент для уточнения геоло-

гической обстановки любого рассматриваемого региона, что впоследствии было подтверждено многочисленными примерами.

Кроме каталога землетрясений в работе приведены результаты изучения Ашхабадского землетрясения 1948 г. Было проведено тщательное определение координат гипоцентра землетрясения, инструментально определенный эпицентр был хорошо увязан с макросейсмическим очагом. При этом использовался огромный сейсмологический материал: данные наблюдений 113 сейсмических станций, представленные не только бюллетенями, но и сейсмограммами советских и копиями сейсмограмм зарубежных станций. Это позволило обнаружить на сейсмограммах двойные вступления Р-и S-волн, что указывало на неодноактность очагового процесса. Оказалось также, что первое вступление значительно слабее второго. Потеря этого вступления на удаленных станциях мировой сети могло явиться причиной ошибки в координатах эпицентра, определенных зарубежными сейсмическими службами: Береговой геодезической службы США, Международного сейсмологического бюро (Страсбург) и, особенно, Службы сейсмологической ассоциации иезуитов (США). Так, разброс по широте по их данным достигает почти 2° (от 36.1° до 38.0°N), тогда как определения, выполненные Н. А. Линден по данным отечественных станций, значительно меньше: от 37.7° до 38.1°.

Так же как и Н. А. Линден в области телесеймики, А. Я. Левицкая в первые послевоенные годы, используя архивные материалы, продолжает свои исследования в области региональной сейсмологии. В 1948 г. в работе «О Крымских землетрясениях по данным сейсмических станций Крыма» Анна Яковлевна приводит каталог землетрясений за 1928–1941 гг., включающий уже 116 событий, причем для 33 из них оказалось возможным определить и глубину источника. Интересно, что эта более поздняя и, казалось бы, более точная работа не внесла существенных корректив в карту эпицентров Крымских землетрясений, подтвердив полученный ранее результат. Однако она позволила построить годограф для Крыма для четырех глубин гипоцентров: 0–10, 11–20, 21–30 и 31–40 км.

Выявление такой тонкой структуры годографа оказалось возможным благодаря исключению ошибок в отсчете времени и использованию сейсмограмм землетрясений, зарегистрированных однотипной ап-

паратурой, что позволило получать хорошо сопоставимые записи. Новый годограф, рассчитанный для разности времен прихода прямых продольных и поперечных волн $S-P=f(\Delta)$ и представленный в табличном виде с малым шагом (через каждые 10 км), позволил выполнить определение эпицентров тех крымских землетрясений, для которых нельзя было применить метод Вадати, тем самым увеличив число определяемых эпицентров в несколько раз. Достаточно сказать, что из 116 землетрясений, приведенных в каталоге, только 42 были определены по методу Вадати, а почти вдвое большее число – с использованием полученных годографов.

Дополнительно были получены данные о скорости сейсмических волн в гипоцентральной области крымских землетрясений на глубинах 11–20 и 21–30 км. Было отмечено также, что область эпицентров, протянувшаяся вдоль юго-восточного берега Крыма, неоднородна. В ней намечается несколько очаговых зон: Севастопольская, Ялтинская (основная), Феодосийская и Керченская.

Параллельно с исследованиями землетрясений Крыма А. Я. Левицкая занималась изучением сейсмичности Кавказа. Первые 5–6 сейсмических станций на Кавказе были организованы еще в начале XX века после разрушительных Ахалкалакского 1899 г. и Шемахинского 1902 г. землетрясений. Уже само по себе малое число станций для такой обширной территории было недостаточно, чтобы получить надежные данные о региональной сейсмичности, тем более, что чувствительность приборов была чрезвычайно низкой, и только на станциях 1-го класса – «Тбилиси» и «Баку» – увеличение достигало 300. В 1930-х годах в связи с интенсивностью промышленного развития Закавказья здесь начали открываться новые региональные сейсмические станции. Обработка их наблюдений велась в Сейсмологическом институте А. Я. Левицкой. Позже, когда на Кавказе сформировалась собственная школа сейсмологов – Е. И. Бюс, Т. М. Лебедева, А. И. Цхакая и другие – А. Я. Левицкая тесно сотрудничала с ними.

Первой работой А. Я. Левицкой по Кавказу была «О землетрясении 6 апреля 1932 г. в Приказбекском районе Центрального Кавказа», выполненная в соавторстве с Л. А. Варданянцем. Статья написана в связи с организацией экспедиционных работ, которые в 1932 г. Сейсмологический институт АН СССР проводил в Приказбекском районе с целью изучения сейсмичности на пере-

вальном участке Северо-Кавказской железной дороги. Землетрясение произошло в непосредственной близости от Дарьяльского ущелья, в 4–5 км к северу от него и имело (по более поздним определениям) магнитуду $M=4.7$. Оно не было единственным в этом районе и в совокупности с наблюдавшимися здесь за последние 50–100 лет ледниковыми и каменистыми обвалами указывало на то, что участок является «живым» с точки зрения тектонических процессов и, следовательно, возведение любых сооружений здесь требует к себе повышенного внимания.

К 1948 г. сетью северокавказских станций было записано уже достаточное число землетрясений, что позволило А. Я. Левицкой создать каталог землетрясений Приказбекского района за 1932–1947 гг. и на базе его построить годограф P - и S - волн, позволивший получать более надежные данные об эпицентрах местных землетрясений. Работа опубликована в Трудах ГЕОФИАН, 1949 г. В ней была приведена карта эпицентров Приказбекского района, намечены контуры фокальной области и границы раздела в земной коре. Эти границы оказались несколько более заглубленными по сравнению с данными других авторов. Граница «гранитного» слоя была определена на глубине 40 км, а граница Мохоровичича – на 60 км. Полученный результат А. Я. Левицкая объясняет тем, что в Приказбекском районе, примыкающем к наиболее высокой части Кавказского хребта, толщина земной коры, на основании теории изостазии, по-видимому, должна быть больше, чем в других районах Кавказа.

В более поздней работе 1951 г. А. Я. Левицкая приводит каталог 94 землетрясений по всей области Северного Кавказа за 1912–1951 гг., который был позднее использован при составлении «Атласа землетрясений в СССР».

В 1953 г. из печати выходит работа А. Я. Левицкой и Т. М. Лебедевой «Годограф сейсмических волн Кавказа». Материалом для его построения послужили инструментальные наблюдения кавказских станций за 1933–1950 гг., а также макросейсмические данные некоторых сильных кавказских землетрясений. Построенный в двух вариантах – как время пробега прямых либо диффрагированных P - и S -волн в функции эпицентрального расстояния и как разность времен пробега этих волн в зависимости от Δ , этот годограф явился первым для Кавказа. До того при интерпретации записей приходилось пользоваться годографом Конрада для

областей Южной Европы или Е. А. Розовой – для Средней Азии.

Конец 1950-х годов был важной вехой в работе сейсмологов института. Большое число вновь открытых сейсмических станций позволило получить ценнейший материал о сейсмичности районов, доселе мало изученных с позиций сейсмологии. С целью систематизации и обобщения этих данных было принято решение об издании «Атласа сейсмичности СССР». Инициатором этого выступил Е. Ф. Саваренский, возглавлявший тогда отдел сейсмологии. Он выдвинул принцип построения Атласа: 1) представление карт землетрясений по крупным зонам: Карпаты, Крым, Кавказ, Копетдаг, Средняя Азия, Байкал, Дальний Восток, Арктика, с дополнительными картами-врезками по отдельным наиболее интересным их участкам или областям проявления сильнейших землетрясений; 2) использование только надежных результатов с указанием точности определения координат эпицентров; 3) введение классификации землетрясений по энергии, практически по магнитуде.

Понятие магнитуды было введено Ч.Рихтером еще в 1935 г. для классификации калифорнийских землетрясений. Методика была разработана применительно к записям короткопериодных приборов Вуда–Андерсона и не могла быть применена напрямую к данным сейсмической сети нашей страны. И только в начале 1950-х годов работами Сергея Леонидовича Соловьева – аспиранта Е. Ф. Саваренского были разработаны и обоснованы способы оценки магнитуд по сейсмограммам приборов, которыми были оснащены отечественные сейсмические станции. Опробованные при подготовке материалов Атласа они были введены в рутинную обработку землетрясений и стали обязательным параметром, указывающимся в Сводных бюллетенях.

Атлас представлял собой итоговую сводку инструментальных наблюдений за сейсмичностью с начала их организации и до 1956 г. и содержал данные примерно о 10000 землетрясений, впервые обработанные по единой методике. Анализ представленным в нем материалов, изложению методов, использованных при его создании, была посвящена монография «Землетрясения в СССР». Эта работа сыграла большую роль в развитии теоретических исследований, таких как изучение причин и условий возникновения землетрясений и, что не менее важно, дала ценнейший материал для использова-

ния в практических целях – уточнения карт сейсмического районирования. Кроме того, она явилась толчком к публикации ежегодных сборников «Землетрясения в СССР». В разные годы они выходили под редакцией Н. А. Введенской, И. В. Горбуновой, Н. В. Кондорской, Н. В. Шебалина, начиная с 1962 г. и до 1992 г., когда их сменили сборники «Землетрясения Северной Евразии».

Естественно, что к составлению Атласа и монографии были привлечены лучшие силы сейсмологов. В работе принимали участие ученые разных регионов страны: А. А. Тресков (Иркутск), Е. И. Бюс, А. Д. Цхакая (Кавказ), Е. А. Розова, Е. М. Бутовская (Средняя Азия) и другие, а также сотрудники отдела сейсмологии Института физики Земли АН СССР: прибористы Д. П. Киринос, Д. А. Харин, интерпретаторы Н. А. Введенская, Н. А. Линден, А. Я. Левицкая и др. Были привлечены и совсем молодые, недавно пришедшие в институт сотрудники: Н. В. Кондорская, С. Л. Соловьев, Н. В. Шебалин.

Вклад А. Я. Левицкой и Н. А. Линден в эту работу был исключительно велик. Достаточно сказать, что из 20 карт, представленных в Атласе, и 20 соответствующих им глав монографии, посвященных сейсмичности отдельных регионов, Н. А. Линден и А. Я. Левицкая были авторами (либо соавторами) семи. Н. А. Линден представлены каталоги, выполнены карты и написаны три главы о сейсмичности зон: Копетдагской, Дальневосточной и Арктической. Если по Копетдагской и Арктической зонам ею ранее публиковались каталоги землетрясений, то для Дальневосточной зоны пришлось делать все заново. Правда, раньше ею был опубликован каталог глубоких землетрясений, в который входили и землетрясения Курил и Камчатки, но он не составлял и десятой доли предстоящей работы. Ей пришлось заново поднять все бюллетени мировой сети станций, сети станций СССР и бюллетени отдельных станций, начиная с 1911 г.

С присущей ей скрупулезностью, учитывая все опубликованные данные, применяя для контроля разные способы обработки и используя совместно годографы Джеффриса–Буллена для удаленных станций и Вадати – для близких, Н. А. Линден переопределила эпицентры 958 землетрясений. Это была кропотливая работа, поскольку одностороннее расположение станций относительно очагов требовало большого внимания при получении результатов и осторожности в выводах. Но помогал опыт, накопленный

десятилетиями, и огромное чувство ответственности за выполняемую работу.

Выполненная работа показала, что наиболее активным в сейсмическом отношении районом Дальневосточной зоны является Курило-Камчатская дуга, основная сейсмичность в которой охватывает зону между вулканическими островами и осью глубоководного желоба. Н. А. Линден сопоставила сейсмичность с результатами изучения рельефа дна Курило-Камчатской глубоководной впадины, выполненного Г. Б. Удинцевым в начале 1950-х годов во время экспедиций на океанографическом судне «Витязь». Эти исследования позволили установить, что островной склон желоба имеет очень сложное строение. Он расчленен уступами большой крутизны, разделенными террасами; в нем обнаружены подводные хребты и горы конической формы, возможно, вулканические.

Проведенное сопоставление позволило Н. А. Линден сделать вывод, что сейсмичность области связана с контрастностью тектонических движений в ней: поднятием внутренних областей Курило-Камчатской островной дуги и опусканием ее внешнего склона – глубоководной впадины. Этот вывод был подтвержден последующими исследованиями зоны, особенно результатами определения механизмов очагов, выполненных Л. М. Балакиной.

Подтвердился также и вывод Н. А. Линден о том, что землетрясения в Охотском и Японском морях в основном глубоководные, с глубинами гипоцентров примерно 300–600 км. Число землетрясений с нормальной глубиной очага очень незначительно. Вблизи Владивостока ею выделена ярко проявляющаяся область глубоких (до 550–600 км) землетрясений.

Работа над Атласом заставила Н. А. Линден продолжить исследование арктических землетрясений, начатые ею еще в 1930-е годы. За прошедшие с того времени два десятилетия значительно расширилась сеть сейсмических станций, да и старые станции были переоснащены новейшей по тем временам аппаратурой, что позволило получать более надежные данные наблюдений. Значительные изменения претерпели и методы интерпретации: введены в рутинную обработку способы определения глубины очага, магнитуды землетрясений, стали обязательными оценки точности определения эпицентров. Если в каталоге 1935 г. приведены данные о 88 событиях по всей Арктической зоне, то в «Атласе землетрясений в СССР»

даны уточненные данные уже о 92 землетрясениях с эпицентрами только в советской части Арктического бассейна.

Новые данные надежно подтвердили полученный прежде результат: полоса эпицентров тянется от устья р. Лены через море Лаптевых примерно вдоль хребта Гаккеля, что параллелен мощному подводному хребту Ломоносова. Остается только восхищаться огромной интуицией и тщательностью работ Натальи Агаповны, позволивших получить еще в 1935 г. хороший результат даже при наличии малого числа станций, причем расположенных лишь по одну сторону относительно эпицентров. А. Я. Левицкая также участвовала в создании «Атласа землетрясений» и монографии «Землетрясения в СССР». Она сама или в соавторстве с сейсмологами отдельных регионов готовила материал по Карпатам, Крыму, Кавказу и Уралу. Эти регионы отличались более слабой сейсмичностью, чем, например, Дальний Восток или Средняя Азия, да и число землетрясений в них (кроме Кавказа) было относительно невелико. Кроме того, обработка материала осложнялась отсутствием годографов, рассчитанных непосредственно для нужного региона. Только Крым имел собственный годограф, построенный А. Я. Левицкой совместно с Т. М. Лебедевой еще в 1948 г. При обработке же карпатских землетрясений приходилось пользоваться методами, не требующими применения годографа (например, метод гипербол или эпицентральной), или использовать годограф Е. М. Розовой для Средней Азии.

Работа осложнялась еще и тем, что в связи с небольшой магнитудой землетрясений число зарегистрировавших их станций уменьшалось, что вело к потере точности при определении координат эпицентров. Тем не менее выполненные с огромной тщательностью работы позволили получить исключительно надежный результат. По Крыму, например, эпицентры всех 100% обработанных землетрясений были отнесены по точности к классу А (ошибка в положении эпицентра не превышала 25 км). По Кавказу к классу А отнесены примерно 50% событий. Для остальных районов точность определения эпицентров была существенно ниже: среди дальневосточных землетрясений к классу А отнесено 25% очагов, карпатских – 10%.

Характеристика Н. А. Линден и А. Я. Левицкой была бы неполной, если не упомянуть об их участии в подготовке сейсми-

ческих кадров для работы на станциях уже в послевоенное время. В 1940-е и 1950-е годы в связи с открытием новых станций и переоборудованием старых в сейсмологию пришло много людей, не имеющих специального образования. Особенно это относилось к персоналу станций, находящихся в удаленных горных или северных районах, где приходилось принимать на работу кого-либо из местного населения. Все они проходили стажировку в Геофизическом институте АН СССР (позже – Институте физики Земли АН СССР), включающую знакомство с аппаратурой, производством наблюдений и обработкой сейсмограмм и в зависимости от региона, в котором находилась станция, «попадали в руки» Натальи Агаповны или Анны Яковлевны.

Обе они с большим уважением относились к труду станционных работников. Они, как никто, понимали уникальность каждой сейсмограммы, относились к ней бережно и, можно сказать, даже трепетно. И наряду с чисто практическими знаниями они стремились передать это чувство ответственности за «ленточки» и понимание важности своей работы каждому заведующему станцией. Вспоминается случай, когда однажды в диссертации одного из сотрудников Н. А. Линден обнаружила приведенные в качестве иллюстраций записи землетрясений, вырезанные из станционных сейсмограмм. После разговора с ней этот человек никогда больше не позволял себе такого варварства.

Особое внимание Н. А. Линден уделяла станции «Пулково», которая стала опорной среди станций Арктического региона. Здесь еще при жизни Натальи Агаповны стала выполняться сводная обработка землетрясений зоны. А. П. Лазарева, заведующая этой станцией, С. Ф. Оборина, научный сотрудник, прошедшие «школу» Н. А. Линден, продолжали ее дело.

Опыт, который Н. А. Линден и А. Я. Левицкая накопили, обучая персонал сейсмических станций, помог им в написании «Руководства по производству и обработке наблюдений на сейсмических станциях СССР». Это издание в двух частях было выпущено институтом в начале 1950-х годов. В его написании участвовали ведущие сейсмологи Института: В. Т. Архангельский, Д. П. Киринос, Д. А. Харин, Н. А. Введенская, Е. А. Розова, И. Л. Нерсесов и др. Общую редакцию издания осуществлял Е. Ф. Саваренский. Среди авторов были также и Н. А. Линден и А. Я. Левицкая. Написанные ими главы

по обработке близких и удаленных землетрясений подкупают четкостью формулирования, простотой изложения, конкретностью приведенных примеров. Эти издания долгие годы были настольными книгами на сейсмических станциях страны.

Но шли годы. Анна Яковлевна Левицкая, вообще не отличавшаяся крепким здоровьем, в 1960 г. подает заявление об уходе на пенсию. Ее заявление Е. Ф. Саваренский сопровождает докладной запиской в дирекцию института, в которой дает высокую оценку ее труду и заканчивает просьбой: "Принимая во внимание многолетний опыт работы А.Я. Левицкой, просим считать ее постоянным консультантом и выдать ей пропуск на право входа в институт", что, учитывая жесткую контрольно-пропускную систему тех лет, говорит о многом.

Наталья Агаповна Линден проработала еще три года. Но постепенно и ее силы убывали. Стало побаливать сердце. Часто, придя на работу, Наталья Агаповна была вынуждена ставить на лопатки горчичник, чтобы снять эту боль. Но тем не менее каждое утро без единого опоздания ее сухонькая фигурка появлялась на втором этаже, в комнате 74. Она так сжилась с этой комнатой, своим рабочим столом, голицынским жестким креслом и маской Бориса Борисовича слева от стола, что не могла представить своего существования вне этого рабочего места. Но годы брали свое, и 14 июня 1963 г. она вынуждена была подать заявление об уходе на пенсию.

Это было трудным решением, меняющим весь ритм ее жизни. Но она бодрилась в надежде, что сможет теперь больше уделять времени «культурной программе». Она была большой любительницей классической музыки и часто после работы в институте посещала вечерние концерты в Консерватории. Особую любовь она испытывала к

Шопену, выделяя из исполнителей В. В. Софроницкого.

Но ее надеждам не суждено было сбыться. Как только она ушла на пенсию, обострились все болезни. Ее госпитализировали. Там, сделав кардиограмму, обнаружили, что она перенесла уже не один микроинфаркт практически на ногах. Теперь же, когда работа уже не поддерживала ее, силы стали быстро таять, и 4 сентября 1963 г., спустя 2.5 месяца после ухода на пенсию, она скончалась.

Анна Яковлевна Левицкая и Наталья Агаповна Линден стояли у истоков отечественной сейсмологии. При них создавалась сейсмическая служба страны, закладывался архив сейсмических материалов, разрабатывались методики интерпретации, накапливались научные результаты. Специфика интерпретации тех лет – ручная рутинная обработка, отсутствие вычислительной техники – требовала больших затрат времени, тщательности в построениях, развития интуиции и стопроцентной преданности работе. И этим требованиям они обе полностью удовлетворяли. В течение всей своей жизни Н. А. Линден и А. Я. Левицкая своим трудом укрепляли лучшие традиции отечественной сейсмологии, заложенные Б. Б. Голицыным. Вот уж о ком можно сказать, что они любили не себя в науке, а науку в себе.

Труд их был оценен правительством. Обе они в 1945 г. были награждены орденами Трудового Красного знамени, в 1946 г. – медалями «За доблестный труд в Великой Отечественной войне», в 1948 г. – медалями «800-летия Москвы», а Анна Яковлевна в 1949 г. – орденом Ленина. Но, может быть, самая высокая награда – добрая и уважительная память об этих скромных, трудолюбивых, доброжелательных к окружающим и строгих к себе женщинах в сердцах тех, кто работал с ними.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор признателен Р.А. Мишиной и Т.Г. Мишуковой за помощь при подготовке материала к публикации.

СПИСОК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ Н. А. ЛИНДЕН

Райко Н. В., Линден Н. А. О землетрясении 20.XI.1933 г. в Баффиновом заливе и распространении сейсмических очагов в Арктике // Тр. Сейсмол. ин-та. 1935. № 61. С.1-8.

Линден Н. А. Сейсмическая деятельность по данным телесеизмических станций Сейсмологического института Академии

наук СССР за 1939 г. // Тр. Сейсмол. ин-та. 1941. № 106. С. 1-5.

Линден Н. А. Гармское землетрясение 20 апреля 1941 г. по данным телесеизмической сети СССР // Тр. Сейсмол. ин-та. 1947. № 119. С.1-4.

Линден Н. А. Каталог глубокофокусных землетрясений по данным сейсмической

- сети СССР за 1909-1944 // Тр. Сейсмол. ин-та. 1947. № 124. С.1-14.
- Вешняков Н. В., Горшков Г. П., Кирнос Д. П., Левицкая А. Я., Линден Н. А. и др. Руководство по производству и обработке наблюдений на сейсмических станциях СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1952. Ч.2. Гл.3. С.141-167.
- Саваренский Е. Ф., Линден Н. А., Масарский С. И. Землетрясения Туркмении и Ашхабадское землетрясение 1948 г. // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1953. № 1. С.3-16.
- Линден Н. А. О карте сейсмичности Арктики // Сейсмические и гляциологические исследования в период Международного Геофизического Года. М.: Изд-во АН СССР, 1959. № 2. С.7-17.
- Линден Н. А., Саваренский Е. Ф. Сейсмичность Копетдагской зоны // Землетрясения в СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 362-369.
- Линден Н. А. Сейсмичность Дальневосточной зоны // Землетрясения в СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 362-369.
- Линден Н. А. Сейсмичность Советской Арктики // Землетрясения в СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С.387-392.
- Линден Н. А. Изучение сейсмичности Арктики // Сейсмологические исследования. Сборник № 5. XII раздел программы МГГ. М.: Изд-во АН СССР, 1963. № 3. С.7-26.
- Hodgson J. H., Bath M., Jensen H., Kvale A., Linden N. et al. Seismicity of the Arctic // Annals of the International Geophysical Year.V. 30. Seismology. Pergamon press, 1965. P.33-66.
- Левицкая А. Я., Варданянц Л. А. О землетрясении 6 апреля 1932 г. в Приказбекском районе Центрального Кавказа // Изв. АН СССР Отд. матем. и естеств. наук. 1933. № 2. С.278.
- Левицкая А. Я. О глубине залегания очагов Крымских землетрясений // Тр. Сейсмол. ин-та. 1935. № 60. С.1-8.
- Levitskaya A. Sur la profondeur de l' hypocentre des treblements de terre tn Crimee. Publ. du Bureou central seismol. intern., ser. B. Nogent-le-Rotrou. 1936. 13 p.
- Горшков Г. П., Левицкая А. Я. Некоторые вопросы сеймотектоники Крыма // Докл. АН СССР. 1946. Т. 54. № 3. С.255-258.
- Левицкая А. Я. Результаты обработки Гармского землетрясения 20 апреля 1941 г. // Тр. Сейсмол. ин-та. 1947. № 119. С.5-7.
- Горшков Г. П., Левицкая А. Я. Некоторые данные по сеймотектонике Крыма // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1947. Т. 22. № 3. С.31-40.
- Левицкая А. Я. О Крымских землетрясениях по данным сейсмических станций Крыма // Тр. Сейсмол. ин-та. 1948. № 127. С.80-99.
- Левицкая А. Я. О землетрясениях в Приказбекском районе // Тр. Геофиз. ин-та. 1949. № 5 (132). С.32-37.
- Левицкая А. Я. О распределении эпицентров землетрясений Северного Кавказа. М., 1951. 8 с. (Фонды ИФЗ АН СССР).
- Вешняков Н. В., Горшков Г. П., Кирнос Д. П., Левицкая А. Я. и др. Руководство по производству и обработке наблюдений на сейсмических станциях СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1952. Ч.2. Гл.2. С.110-140.
- Левицкая А. Я., Лебедева Т. М. Годограф сейсмических волн Кавказа // Квартальный сейсмический бюллетень за 1948 г. Тбилиси: Изд-во АН ГССР, 1953. Т. 21. № 1/4. С.51-60.
- Архангельский В. Т., Введенская Н. А., Гайский В. Н., Кирнос Д. П., Левицкая А. Я. и др. Руководство по производству и обработке наблюдений на сейсмических станциях СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1954. Гл.2. С.111-122.
- Левицкая А. Я., Муратов М. В. О связи сейсмичности с тектонической структурой Черноморской впадины и окружающих ее областей // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1959. № 4. С.538-546.
- Евсеев С. В., Левицкая А. Я., Сагалова Е. А. Сейсмичность Карпатской зоны // Землетрясения в СССР. М.: Изд-во АН СССР. 1961. С.211-216.
- Левицкая А. Я. Сейсмичность Крыма // Землетрясения в СССР. М.: Изд-во АН СССР. 1961. С.217-221.
- Бюс Е. И., Лебедева Т. М., Левицкая А. Я., Цхакая А. Д. Сейсмичность Кавказа // Землетрясения в СССР. М.: Изд-во АН СССР. 1961. С.222-234.
- Левицкая А. Я. Землетрясения Урала // Землетрясения в СССР. М.: Изд-во АН СССР. 1961. С.384-386.

**СПИСОК
НАУЧНЫХ СТАТЕЙ
А. Я. ЛЕВИЦКОЙ**

А.Г.МОСКВИНА

**СВЕДЕНИЯ
ОБ АВТОРАХ** **МОСКВИНА Антонина Григорьевна**
кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН.
123995, Москва, Б. Грузинская ул., 10.
Тел.: 254-94-95

PUPILS
OF B.B. GOLITSYN –
N.A. LINDEN &
A.YA. LEVITSKAYA **ANTONINA G. MOSKVINA**
*Schmidt Institute of Physics of the Earth RAS,
Moscow, Russia*

ABSTRACT Natalia Agapovna Linden (1887–1963) and Anna Y. Levitskaya (1889–1964) – the oldest members of the Institute of Physics of the Earth, who founded the Russian seismology. A. J. Levitsky of seismicity Crimean-Black Sea region and N. Linden, on the Arctic and Central

Asia helped put the issue of the relationship of seismicity with the geology the area and consider the earthquake as a result of tectonic processes in the region. Purely practical way out of their cards studies were used in the economic order.