

ХРОНИКА

УДК [550.3:061.3] (81)

**ПРОБЛЕМЫ ГЕОФИЗИКИ НА 31 МЕЖДУНАРОДНОМ ГЕОЛОГИЧЕСКОМ
КОНГРЕССЕ В БРАЗИЛИИ**

Ю.Я. Ващилов

Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН, г. Магадан

31-й Международный геологический конгресс (МГК) в г. Рио-де-Жанейро, проходивший в период с 6 по 18 августа 2000 года, знаменателен тем, что он был последним в XX столетии и втором тысячелетии, и по его итогам можно в определенной степени судить о прогрессе геологических наук и их будущем. Конгресс проходил в Риоцентре, расположенном на южной окраине многомиллионного города. Формой работы 31-го МГК были коллоквиумы, специальные лекции, полевые экскурсии, заседания международных комитетов, но, главным образом, сессии специальных и генеральных (общих) симпозиумов. Около 6200 тезисов докладов опубликованы на компакт-диске (CD-ROM). Наряду с тезисами здесь же имеются полные версии докладов ученых, которые были приглашены на специальные симпозиумы. Стендовые доклады делались во временно сооруженных в конгресс-холле уголках – «бутиках». На конгрессе действовала большая геологическая выставка GEOEXPO-2000, где в разнообразном материализованном виде демонстрировались новейшие достижения геологической мысли и техники.

Проблемы геофизики обсуждались более чем на 25 сессиях специальных и генеральных симпозиумов. Для анализа все геофизические доклады сгруппированы автором вокруг трёх главных проблем:

1. Сейсмология, палеосейсмогеология и сопутствующие землетрясения явления; круг указанных проблем обсуждался не менее чем на 9 симпозиумах.

2. Геофизика земной коры и верхней мантии, 15 симпозиумов.

3. Прикладная геофизика, 6 симпозиумов.

1. Большая часть докладов сейсмологического и палеосейсмогеологического циклов прямо или косвенно посвящена проблеме предсказания времени и места землетрясений. Как отмечали докладчики, интерес к проблеме землетрясений вполне объясним – за XX столетие в результате зем-

летрясений погибло 3 млн человек. В наиболее концентрированном виде указанная тема рассматривалась в рамках специального симпозиума В-9 «Новые перспективы в предсказании землетрясений». Прогноз землетрясений по времени представляется наиболее сложной проблемой и подразделяется, по Е.А. Рогожину (Россия, симпозиум В-9), на краткосрочный (один год – несколько месяцев и дней), среднесрочный (3–5 лет), долгосрочный (10–15 лет) и, я бы добавил к нему, исторический (многие десятки и сотни лет). В краткосрочном прогнозе землетрясений все явственней вырисовывается роль наблюдений естественных электромагнитных полей. С. Уеда (Япония, В-9) продемонстрировал графики резких изменений во времени естественного электромагнитного поля за 2 дня до землетрясения в г. Кобе (Япония) в 1995 г. С. А. Варгас в тезисах своего доклада на симпозиуме 19-2 «Сейсмогеология конвергентных континентальных окраин» описывает 2 аномальных изменения естественного электромагнитного поля примерно за месяц и за полмесяца до известного землетрясения вблизи г. Армения в Колумбии и множество аномалий после землетрясения, связанных с афтершоковыми событиями. На эту картину накладывались изменения в деятельности расположенного в 10 км от геофизической станции вулкана Руиз. В. И. Уткин и др. (Россия) предложили радионный метод краткосрочного предсказания землетрясений, испытал его в шахтах и на разломе Сан-Андреас. В. М. Хамза (Бразилия, 19-2) обратил внимание на растущее количество доказательств существования термальных предвестников землетрясений.

Краткосрочные и среднесрочные предсказания землетрясений, как следует из докладов на Конгрессе (Чен Ё, Китай; Сугияма Ё, Япония; Г. С. Варганян, Россия; К. Н. Абдулабеков, Узбекистан и др.), необходимо реализовывать в комплексе геологических, геохимических, гидрогеологических, геофизических,

геодезических стационарных наблюдений и исторических исследований в рамках единой системы сейсмического мониторинга.

Среднесрочный, долгосрочный прогноз и оценка исторической сейсмической опасности и возможности возникновения других связанных с сейсмической деятельностью катастроф осуществляются на основе выявления и исследования палеосейсмодислокаций, определения их возраста и повторяемости выявленных землетрясений. В США, Японии, Италии, в некоторых странах Ю. Америки успешно применяется «тренинг» – раскопка и обнажение палеосейсмодислокаций с помощью землеройной техники. В США разработана аппаратура для экспресс-определения возраста радиоуглеродным методом в течение одних-полутора суток, пока обнажены вскрытые тренингом палеосейсмодислокации (МакКалпин Д. П.). Окумура К. (Япония) полагает, что историко-археологическая шкала времени за 2000-летний промежуток времени может быть точнее неочищенных датировок радиоуглеродным методом.

В докладах без особых разъяснений приводятся оценки точности предсказания землетрясений. В Японии недалеко от г. Киото вероятность землетрясений с магнитудой $M > 7$ в течение 100 лет определяется в 12–38% (Ё. Сугияма); китайские сейсмологи заявляют о 10% успехе в предсказании сильных землетрясений (Чен Ю); К. Н. Абдулабеков и др. заявляют о 70% успешного прогноза сильных и чувствительных толчков. Предсказание места землетрясений основывается на выявлении разнообразными геолого-геофизическими и геодезическими методами сейсмогенных и активных разломов и узлов их пересечения (Х. Мирзай, Иран, 19-2; Ё. Ото, Япония; А. Габриэлов, В. Кейлис-Борок, Д. Рундквист и др., Ю. Я. Вашилов с коллегами и т. д.).

Деятельность человека в настоящее время создаёт риск людских и экономических потерь, которого раньше не существовало: землетрясения, инициированные деятельностью человека в районах эксплуатации газовых и нефтяных месторождений (К. Н. Мирзоев, Р. Н. Татиатулин, Россия; Б. С. Нуртаев, Л. М. Плотникова, Узбекистан); возникновение крупных мегаполисов и предприятий с высокоточной или опасной для жизни людей технологией в местах, где возможны землетрясения (А. Аллман и др.) и т. д.

2. Проблемы «Геофизика земной коры и верхней мантии» касались доклады на разнообразных по тематике симпозиумах. В наиболее концентрированном и соответствующем сформулированной теме виде они были представлены на специальном симпозиуме D-4 «Глубинное сейсмическое профилирование методом отражённых волн», где подведены ито-

ги выполнения впечатляющих по размаху и результатам сейсмических проектов в Европе и Америке (COCORP, ECORS, DEKORP) и показаны современное состояние и перспективы указанных исследований – проекты IDEPTH, URSEIS с вовлечением в их осуществление таких стран, как Китай, Индия, Россия, Казахстан (Л. Д. Браун, США; В. Мориак, Бразилия; Р. В. Инглан, Великобритания; Р. Мейсснер, Германия; Д. Холл, Канада; М. Д. Галларт, Испания; В.-Ч. Чжао, Китай).

При исследованиях методами вертикальной отражательной сейсмометрии для структурных построений необходимо априорное знание скоростных характеристик среды. Их отсутствие компенсируют одновременной постановкой «широкоугольных» сейсмических исследований рефрагированными и отраженными волнами, которые дают лишь обобщённую скоростную характеристику среды. Указанное обстоятельство создаёт проблемы при детальной интерпретации временных разрезов отражательной сейсмометрии, что нашло своё отражение в дискуссии по докладу упомянутого выше Р. В. Ингланда, проявившего излишний оптимизм по поводу представленных им материалов.

Полученные при реализации проектов или при сейсмических исследованиях вне рамок проектов структурные результаты, доложенные на разных симпозиумах, оказали глубокое и разнообразное воздействие на развитие геологических и особенно тектонических представлений и идей. К ним относятся выделение глубоких наклонных границ, интерпретируемых часто как надвиги, зон парциального плавления, «ярких пятен», являющихся источниками флюидов, «крокодиловых» сочленений на границах поясов сжатия, глубочайшей отражательной границы на глубине 200 км под Южным Уралом и т. д. (Л. Д. Браун, М. Д. Галларт, Р. Мейсснер, новосибирские геофизики во главе с С. В. Гольдиным, Е. Мусиенко, З. А. Калметьева из Киргизии, Т. Ергешев с коллегами из Казахстана и другие). Они подтвердили и развили достижения бывшей советской геофизики и особенно до сих пор непревзойденных исследований на длинных тысячекилометровых профилях с использованием в качестве источника возбуждения сейсмических волн мощнейших взрывов в скважинах большого диаметра, когда была получена уникальная информация о расслоенности коры и верхней мантии, в том числе и на глубинах около 200 км. Собственно указанные достижения и послужили толчком для постановки и реализации за рубежом указанных проектов и других подобных работ в странах Африки, Ю. Америки, о которых сообщили М. Кхан, Великобритания, С. Лут с коллегами из Германии и многие другие. Доклады геофизиков из России и республик постсоветского пространства по

тематике ГСЗ основывались на материалах, полученных в период существования СССР.

Методы магнито-теллурических и других электромагнитных исследований показали свою известную уже эффективность при выявлении зон высокой электропроводности в земной коре и верхах мантии, с которыми связывают очаги парциального плавления, а на глубинах до 10–15 км – водоносные горизонты и резервуары (Станица Д., Станица М., Румыния; В.М. Никифоров, В.Л. Безверхий, Россия, и другие).

Результаты интерпретации магнитных и гравитационных полей нередко сопровождали доклады о сейсмических исследованиях. Они играли второстепенную, иллюстративную роль, были получены и представлены в неприемлемом 2-мерном варианте (Р.В. Ингланд), который скорее дезинформирует геологов и геофизиков, чем несёт новую информацию. Аналогичная картина вырисовывалась в докладах, специально посвященных интерпретации гравиметрических и магнитных аномалий. Налицо кризис и даже регресс в этой области по сравнению с тем положением, которое существовало в 60–70-х годах в период активной работы в направлении 3-мерной интерпретации аномалий силы тяжести М. Тальвани (США), М. Ботта (Великобритания) и др. Похоже, что современные американские и английские геофизики не подозревают о существовании разработок этих и других ученых в указанном направлении. Прогрессивная тенденция к объёмной, трехмерной (3D) интерпретации геофизических данных на конгрессе обычно выражалась в демонстрации 3-мерных конечных геолого-геофизических моделей, составленных на базе данных 2-мерной (2D) интерпретации (М. Бернабини и др., Ф. Босчетти и др., Италия; В. Пийп и др., Россия). Строгий подход к построению 3-мерных (3D) моделей требует выполнения следующих условий: а) исходный для интерпретации материал должен удовлетворять требованиям 3-мерной интерпретации; б) собственно интерпретация должна выполняться на классе 3-мерных моделей.

Теория и практика 3D (трехмерной) интерпретации аномалий силы тяжести на классе блоковых моделей источников возмущения поля и построения 3D плотностных и затем структурно-вещественных геологических моделей раскрыты в докладах Ю.Я. Ващилова и О.В. Сахно. Методология основана на выявленной закономерности в сочетании главных границ расслоения литосферы и плотностных неоднородностей в форме блоков и позволяет независимо от других геофизических методов определять глубины границ расслоения, заложения разломов и блоков, составлять плотностные и геологические томографические модели земной коры и

верхней мантии. Указанные исследования опережают мировой уровень и могут быть предложены в качестве основы для международного проекта. Вызывает сожаление отсутствие докладов по глобальному палеомагнетизму.

3. Проблемы прикладной геофизики рассматривались преимущественно на симпозиуме 16 «Разведочная геофизика». Сюда отнесен также цикл докладов на специализированном симпозиуме Н-6 «Сейсмостратиграфия глубоководных толщ».

Очевидные успехи прикладной геофизики демонстрируют доклады по сейсмостратиграфии подводных осадочных толщ и применению сейсморазведки для поисков месторождений нефти и газа. Большая производительность и точность исследований, подтверждаемая бурением, высокие технологии, вплоть до оперативной объёмной визуализации получаемых модельных изображений осадочных толщ, конечный результат, представляемый как в 2D, так и в 3D вариантах, ставят сейсмостратиграфию на особое место в ряду прикладных геофизических методов. Перечисленные достижения нашли своё отражение в докладах на симпозиуме Н-6 Р. Бургаса и В. Колка "Турбидитовые системы на континентальном склоне у берегов Анголы", Дж. Л.П. Моррейра и коллег "Эоценовый бассейн Сантос, Бразилия", М.К.Муница и коллег "Верхнемеловые глубоководные отложения бассейна Кампос, Бразилия", П. Веймара из США "Плиоцен-плейстоценовый турбидитовый комплекс в северной части Мексиканского залива". О большом значении сейсмических методов в будущем экономики Бразилии, из чьих запасов нефти в 23 млрд баррелей уже взято 6 млрд, заявили Л.Р. Гуардадо и его коллеги. 87% неразведанного резерва нефти Бразилии содержат оффшорные зоны, из них 75% находятся за пределами шельфа на континентальном склоне, где глубины океанического дна более 400 м.

Значение сейсмометрии в их разведке и освоении трудно переоценить. Из 77 докладов, представленных под эгидой проблемы применения потенциальных полей в разведочной геофизике (16–2), лишь несколько отвечают ей по своему содержанию. Не состоялась устная презентация докладов на указанную тему, что ещё раз свидетельствует о кризисе в теории и практике интерпретации потенциальных и квазипотенциальных (аномалии модуля приращения полного вектора магнитного поля T) полей.

В гидрогеологических исследованиях, как всегда, высока эффективность электрических и электромагнитных методов при разумном комплексировании с другими геофизическими методами – магнитометрией, сейсморазведкой. Поиски и обнаружение природных резервуаров с помощью геофизики, режимные геофизические наблюдения на них дополняя

ются задачами разнообразного по целям геофизического мониторинга и решением экологических проблем, что было отражено в тезисах докладов М.С. Байрактутана и А.Н. Кадырова, Турция; А.-Р. Хассанена с коллегами, Египет; В. Спиача и М. Менвила, Франция; А. Риготти с коллегами, Бразилия; и других. На конгрессе ученые говорили о постоянно растущем спросе на гидрогеологов и гидрогеологов- геофизиков в развитых странах (например, в США), который они не могут удовлетворить за счёт собственных специалистов.

Обращает на себя внимание доклад В.Е. Глотова и др., Россия, решением в нем задачи по определению объёма природных резервуаров жидкости (вода, нефть) по результатам наблюдений над изменением дебита одной пробуренной скважины или уровня жидкости в ней под влиянием лунно-солнечных приливов.

Инженерно-геологические изыскания в городах, мегаполисах и на незаселённых территориях с использованием геофизических методов практикуются с целью подготовки строительства, защиты от стихийных бедствий, инженерно-геологического мониторинга различных объектов, поисков захоронённых остатков древних культурных памятников, что было показано в тезисах докладов Р. Турсунметова (Узбекистан), Ё. Кинугаса (Япония), С. Ахмеда (Египет). Два доклада посвящено методическим вопросам адаптации геофизических исследований к условиям города или мегаполиса, в которых имеются всевозможные помехи – Л.Ф. Прадо и коллеги (Бразилия) и С. Ахмед (Египет).

31-й МГК в Рио-де-Жанейро оказался вполне представительным как по числу, так и по профессионализму присутствующих на нем геофизиков. Лишь

обсуждение проблемы применения потенциальных полей для изучения литосферы и в разведочных целях оказалось невостребованным, вследствие чего был отменен специальный симпозиум D-7 «Методы потенциальных полей для исследования литосферы» и не включён в программу устных выступлений генеральный симпозиум 16–2 «Потенциальные поля – сбор, обработка и интерпретация данных». Несмотря на в целом благополучную картину, организаторам будущих конгрессов и, в частности, 32-го МГК в Флоренции необходимо привлекать к участию в конгрессе больше геофизиков мирового уровня. К сожалению, наблюдался вполне определенный непрофессионализм в компоновке докладов по геофизическим проблемам, который не был замечен на предыдущих конгрессах.

На 31-м МГК бразильские и другие южно-американские геофизики ясно показали, что их усилия, направленные на развитие геофизики в Ю. Америке, дают свои плоды, которые их страны уже пожинают в разных областях экономики.

Конгресс продемонстрировал большую роль геофизики как в решении фундаментальных геологических проблем, так и в прикладных исследованиях. Значительны успехи глубинных и прикладных сейсмических исследований. Намечается перелом в использовании гравиметрии в изучении структуры и вещества литосферы и для разведочных целей.

Геофизика, как и геология, как и вся наука, развивается по принципу последовательных стратегических приближений к истине с элементами локального удаления от неё на определённых этапах (итерациях). Будем же стремиться быть на генеральной линии этого движения к знанию. Подробный обзор проблем геофизики опубликован в журнале «Колымский вестник» № 11 за 2000 год.

Поступила в редакцию 14 декабря 2000 г.