

ЮБИЛЕЙНАЯ СТАТИСТИКА

Итак, налицо 25 выпусков "Вычислительной сейсмологии" (ВС). Серия рождена в 1964 году тогда еще "юным" В.И.Кейлис-Бороком и эпохой бурного развития вычислительной техники. "Повивальной бабкой" в этой истории, говорят, был М.А.Садовский; реальной и духовной опорой в первые годы стали математики и геофизики Московского и Ленинградского университетов, Института прикладной математики (И.М.Гельфанд и его школа) и Института химической физики. С учетом вкусов того времени серии грозило гибридное название со словом "кибернетика". Однако интуиция создателей оказалась безупречной. В названии серии точно отразились и время, и перспектива, и то научное направление, в котором нуждалась сейсмология 60-х годов: использовать математику и компьютеры для изучения строения и динамики Земли. "Манифестом" ВС стала известная статья В.И.Кейлис-Борока "Сейсмология и логика" [1]. Это был своеобразный гимн вычислительной технике, на базе которой предполагалось преодолеть информационный взрыв в сейсмологии, раскрепостить исследователя от рутины путем создания автоматизированных систем обработки данных, переключить внимание сейсмологов на глобальные (комплексные) задачи с неперменной математизацией исследований.

"Технологическая" линия развития сейсмологии была угадана верно. Упомянем только томографию Земли, машинную визуализацию данных, "индустрию" регистрации и обработки сейсмических сигналов, а также попытки создания различных экспертных систем, например, в прогнозе землетрясений. Однако технологическое направление не стало доминирующим для ВС.

Почувствительна в этом отношении история с классической обратной задачей сейсмологии (см. обзор 10-летия ВС в [2]). Вначале было два скоростных разреза Земли с волноводом и без него – по Гутенбергу и Джеффрису-Буллену. Компьютерный бум и новые данные позволили устроить перебор многих тысяч вариантов с элементами соревнования в скорости и эффективности программ и машин. От этого неопределенность разреза Земли не исчезла. И только теоретические ис-

следования Гервера-Маркушевича (3-й и 4-й выпуски ВС) выявили принципиальную неединственность в кинематической задаче с волновым, даже при абсолютно точных исходных данных. Иначе говоря, не всегда наращивание данных ("усиление информационного взрыва" [2]) или улучшение их качества является гарантией успеха. Необходимость более тщательного анализа уже существующих данных иллюстрирована в [2], в частности на примере прогноза землетрясений.

Научные интересы ВС отражает (хотя и грубо) следующее распределение публикаций по отдельным направлениям.

Тематика	Число публикаций в %	Период активности по выпускам ВС
Прямые и обратные задачи сейсмологии	33	1-25
Динамика Земли	4	1-25
Геофизическая гидродинамика. Магнитное динамо	4	16-25
Обработка сейсмограмм	9	1-25
Спектральный анализ геофизических процессов и временных рядов	6	1-25
Широкополосная сейсмическая аппаратура	4	1-25
Анализ сейсмичности. Сейсмический риск	12	1-25
Математические модели сейсмичности	7	16-25
Распознавание мест сильных землетрясений	10	6-20
Прогноз землетрясений	10	11-25

При равном интересе ВС к теории и приложениям работы первого типа составили 60%, вторые опираются в основном на каталоги землетрясений (30% публикаций) и сейсмограммы (9%). Очевиден интерес к математическим методам анализа и очень заметен дефицит работ физического направления.

С легкой руки ВС лексика геофизики несколько расширилась. Вот некоторые представители сейсмологического "зоосада":

- "Еж" - смесь Монте-Карло с направленным перебором в задачах минимизации. Введен в 1964 г. для совместной интерпретации годографов, амплитудных и дисперсионных кривых. "Еж" возглавил поток работ этого плана в геофизике.

- "*Жираф*" - огибающая семейства скоростных разрезов, согласованных с годографом в кинематической одномерной задаче. Стал хрестоматийным примером строгого анализа неединственности обратных задач геофизики.

- "*тау-р*" метод - практический способ решения одномерной кинематической задачи: неожиданно оказался полезным также при асимптотическом обращении собственных колебаний Земли и в гелиосейсмологии. Базой метода является "*тау-функция*" лучевого параметра (intercept time). Она вытеснила аналогичную функцию времени в морской сейсморазведке в силу простой структуры.

- "*Метод гармонического разложения Писаренко*" - введен для выделения скрытых периодичностей, в частности для анализа собственных колебаний Земли. Наряду с методами Бурга и Капона он сыграл важную роль в развитии практических методов спектрального анализа с повышенной разрешающей способностью в 60-х годах, когда геофизика стала лидером в этой области. Метод стимулировал появление в инженерной практике новых, более эффективных приемов анализа периодичностей, основанных на главных компонентах спектра сигнала (MUSIC-метод).

- "*Морфоструктурные линеаменты*" - сыграли важную роль в постановке проблемы иерархической блоковой структуры сейсмоактивной литосферы. С ними связано первое (в геофизике) использование алгоритмов распознавания: решался вопрос о приуроченности сильных землетрясений к пересечениям линеаментов. Это позволило поставить вопрос о глобальном подобии условий возникновения землетрясений.

- "*Вероятностные оценки сейсмического риска*" - в терминах возможного ущерба они были получены путем анализа геолого-геофизических, инженерных, экономических и демографических данных. Разработана концепция использования этих оценок для выбора оптимальных мер защиты от землетрясений.

- "*КН*" и "*М-8*" - методы среднесрочного прогноза сильных землетрясений, первые удачные примеры комплексирования предвестников на базе методов распознавания. В основе методов лежит представление о неустойчивости сейсмического процесса накануне землетрясения. Оба метода аккумулировали из ВС опыт самостоятельно интересных предвестников: "Энергия в степени 2/3", "В-предвестник" или "взрыв афтершоков", "удаленные афтершоки", "рои" и др.

- "*Прогнозная диаграмма ошибок*" - функциональная характеристика метода прогноза, важна как средство сравнения методов на стадии принятия решений.

- "Цифровой широкополосный сейсмометр" (типа BS) - прибор с большим динамическим диапазоном и высокой разрешающей способностью. им оборудована международная сейсмическая сеть станций: Hartland (Англия), Mambak (Бельгия), Мохн (Германия), Uzgorod (Украина), Alushta (Крым).

Безмянно, но не менее исправно служит потребителю та "рутина", которая по замыслу [1] должна была освободить исследователя для размышлений: методология и практика эпицентрии, идентификации фаз, статистического определения механизмов землетрясений, спектрально-временного анализа и обработки каталогов.

Сложнее для легкого жанра этой заметки обсуждать фундаментальные вопросы, широко представленные в ВС: математическую теорию генерации магнитного поля; динамические обратные задачи геофизики; модели геофизических сред; приложения идей нелинейной динамики с ее концепциями хаоса и самоорганизации, к поиску методов прогноза землетрясений. Оценки всегда субъективны, поэтому лучше, если портрет ВС дополнит время.

Сегодня бесспорна роль компьютеров и математики в современных исследованиях, поэтому исходные задачи ВС остаются прежними. Другое дело, решать их (содействуя математизации геофизики и ее приложений) все труднее небольшому коллективу, стоящему за ВС. В этом отношении редакция надеется на помощь заинтересованного читателя (см. обращение к читателю в конце сборника).

Редакционная коллегия

Литература

1. *Keilis-Borok V.I. Seismology and logics / Ed. H.Odshaw // Res. Geophys. 1964. Vol.2. Перев.: Вычисл.сейсмология. Вып.4, 1968. С.317-350.*
2. *Гервер М.Л., Кейлис-Борок В.И., Колесников Ю.А. и др. Проблема глобальной вычислительной геофизики // Изв.АН СССР.Физика Земли.1974, N 2. С.33-45.*