

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ
АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

хабарлары

известия

АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

1992

2

СЕРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ

УДК 550.34

С. А. МАЖКЕНОВ, О. М. БЕЛОСЛЮДЦЕВ, Г. А. КУРСКЕЕВА,
И. М. ЭЙДЛИНА

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВАРИАЦИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В РЕЖИМНЫХ НАБЛЮДЕНИЯХ, ПОЛУЧЕННЫХ НА СТАНЦИЯХ АЛМА-АТИНСКОГО ПРОГНОСТИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА

Описан алгоритм и приведены результаты восстановления геомагнитного поля, измеряемого на станциях Алма-Атинского прогностического полигона.

Выделение аномальных вариаций геомагнитного поля, имеющих локальный характер, является одной из главных задач поиска предвестников землетрясений магнитометрическими методами. Сложность исследований определяется малыми амплитудами возможного полезного сигнала при наличии интенсивных помех, что предъявляет особые требования к качеству первичных материалов. В реальных условиях использования конкретной аппаратуры и методики можно повысить репрезентативность полученных материалов на основе коррекции имеющихся данных, учитывающей физическую природу как полезного сигнала, так и помех. Необходимость подобной процедуры подтверждается также отсутствием положительных результатов при работе с исходными данными. Эта работа открывает цикл статей, посвященных обработке, анализу и интерпретации геофизических полей для прогноза землетрясений. Успешное решение поставленных задач в силу их сложности и многофакторности возможно только с использованием современного математического аппарата, например статистических методов, методов спектрального анализа, аппарата распознавания образов и т. д.

Состояние вопроса. Для решения проблемы поиска предвестников землетрясений в начале 80-х гг. на территории юга и юго-востока Казахстана развернута сеть станций режимных наблюдений за вариациями геофизического поля. Одним из элементов прогностического комплекса является геомагнитный метод [1].

Модуль полного вектора напряженности геомагнитного поля T измеряется протонными магнитометрами МПП-1 с дискретностью измерений 20 мин или 1 ч. Погрешность привязки к сигналам точного времени не более 0,5 с. Среднеквадратическая погрешность измерения модуля полного вектора T составляет 0,3—0,5 нТл.

Результаты наблюдений, накопленные за десятилетие, введены в базу данных «Магнитометрия» [2].

Постановка задачи. Регистрируемое в каждом пункте магнитное поле можно представить в виде

$$T_i = T_n + T_a + \delta T,$$

где T_n — нормальное геомагнитное поле; T_a — аномальное магнитное поле, создаваемое геологическими объектами; δT — поле геомагнитных вариаций. Последний член формулы представляет собой результат суперпозиции переменных полей различных внешних источников, воздействие которых имеет региональный характер, а также возможные

локальные возмущения, проявляющиеся в периоды подготовки землетрясений.

В связи с тем, что амплитуды вариаций, вызванных внешними источниками (солнечно-лунные вариации, вариации типа бухт, магнитные бури) достигают 100 нТл и более [3], а локальные возмущения, сопровождающие изменения напряженного состояния горных пород в ходе тектонических процессов, по теоретическим оценкам и натурным измерениям не превышают 12 нТл [4, 5] на Алма-Атинском прогностическом полигоне принята методика дифференциальных измерений. При этом значение поля T_i на всех рядовых станциях, расположенных в сейсмоактивных регионах, приводятся к уровню $T_{оп}$ опорной станции, расположенной в относительно спокойной в сейсмическом отношении зоне. Для поиска локальных предвестниковых эффектов рассчитываются значения разностного магнитного поля ΔT между всеми рядовыми станциями и опорной:

$$\Delta T = T_i - T_{оп},$$

где T_i — значение T на рядовой станции; $T_{оп}$ — значение T на опорной станции.

Данная методика предполагает высокую временную стабильность применяемых магнитометров, а также отсутствие перерывов в наблюдениях. Реальные данные, получаемые на полигоне, содержат в себе ряд помех, затрудняющих обработку результатов наблюдений. Однако часто возникают ситуации, когда на естественное поле накладываются техногенные помехи известной природы или имеется перерыв в наблюдениях. В этом случае требуется решить задачу восстановления истинного значения геомагнитного поля. Основными видами помех являются:

- перерыв в наблюдениях;
- «выбросы» — отдельные значения геомагнитного поля, превышающие установленный порог допустимого разброса вследствие воздействия электрических помех на входные цепи приборов;
- «ступени» — общее изменение уровня геомагнитного поля на станции, вызванное, как правило, заменой датчиков или другими известными техногенными причинами.

В первых двух ситуациях требуется восстановить истинное значение геомагнитного поля, а в третьей — привести его уровень к уровню стационарного поля в данной точке. При этом восстановление пропущенных значений и выбросов путем интерполяции между соседними отрезками временных рядов не является корректным, поскольку указанная операция нарушает спектральные характеристики поля [6].

Алгоритм восстановления. Для решения поставленных задач предлагается следующая процедура восстановления данных геомагнитных наблюдений:

1. За длительный период времени между всеми парами станций определяется средняя разность между уровнями геомагнитного поля — Δ_{ij} , где i, j — индексы станций и $i \neq j$.

2. Отсутствующие значения для каждой станции ($T_i(t)$) восстанавливаются по всем станциям полигона, на которых были произведены измерения геомагнитного поля, т. е.

$$T_{ij}(t) = T_j(t) + \Delta_{ij},$$

где $i, j = 1, 10$ и $j \neq i$, Δ_{ij} — постоянная разность стационарного магнит-

ного поля между i -й и j -й станциями. Величина Δ_{ij} на полигоне 50—1300 нТл.

3. Восстановленной оценкой отсутствующего значения геомагнитного поля считается медианное среднее значение, определяемое по всему набору полученных оценок:

$$T_i(t) = \text{med}\{T_{ij}(t)\}, \quad j=1,10.$$

Выбор медианного среднего значения в качестве оценки обусловлен тем, что она является наиболее правдоподобной и оптимальной оценкой по критерию минимума среднеквадратической погрешности [7].

4. Для поиска «выбросов» и их коррекции необходимо задать величину допустимого разброса значений геомагнитного поля — δ . Для каждого значения и для каждой станции производится оценка значения геомагнитного поля по способу медианного среднего. В случае, если для какой-либо станции разность между наблюдаемым значением и его оценкой превышает величину допустимого разброса, то наблюдаемое значение заменяется на его оценку.

5. Для случая «ступени», т. е. когда разность между наблюдаемым значением и его оценкой за длительный период времени постоянна и равна некоторой константе C , то для этого интервала времени пересчитывается уровень геомагнитного поля на величину C .

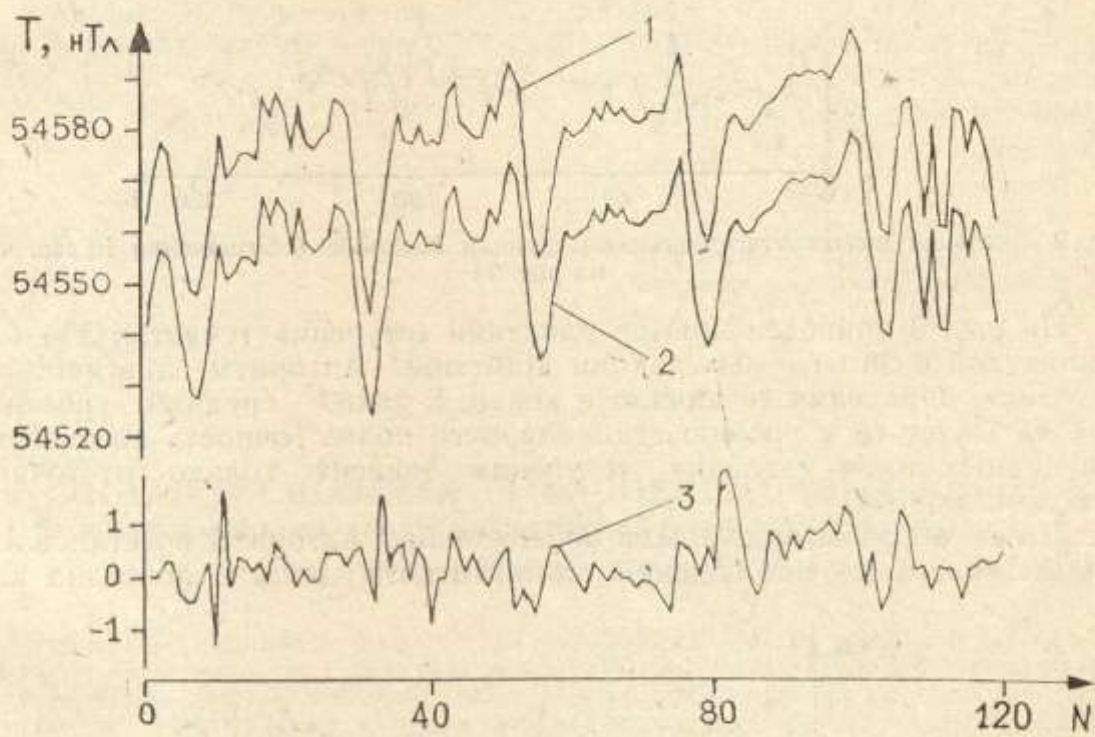


Рис. 1. Значения геомагнитного поля на станции Тургенъ: 1 — истинные; 2 — восстановленные (для наглядности смещены на 20 нТл); 3 — разностные

Обсуждение результатов. Адекватность предлагаемого алгоритма восстановления геомагнитного поля была проверена на реальных данных. С этой целью из временных рядов значений поля T , полученных на станциях Тургенъ и Майтюбе, случайным образом были удалены по 120 значений. Восстановленные значения геомагнитного поля, их оригиналы, а также графики разброса значений показаны на рис. 1, 2. Ниже приведены осредненные оценки величин разброса, нТл:

Станция	$T_{\text{набл}}$	$T_{\text{восс}}$	ΔT	σ
Тургень	54576,7	54576,9	0,2	0,56
Майтюбе	54118,6	54117,7	0,9	0,78

Как видно, алгоритм адекватно восстанавливает пропущенные данные, сохраняя при этом основные характеристики ряда. Некоторая незначительная погрешность (менее 1,0 нТл) в оценке амплитуды значений поля сопоставима с величиной аппаратурных погрешностей и может быть уменьшена за счет использования постоянных разностных значений с весовыми коэффициентами.

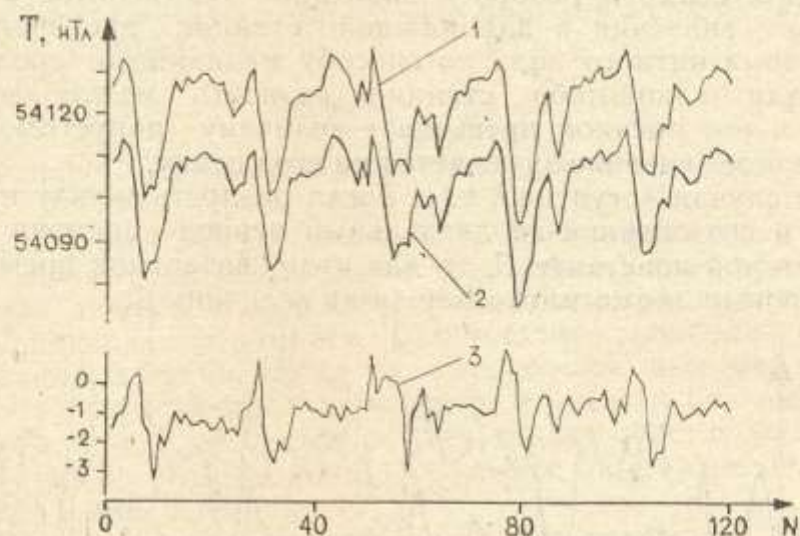


Рис. 2. Значения геомагнитного поля на станции Майтюбе (обозначения те же, что и на рис. 1)

На рис. 3 приведен пример удаления «ступени» (участок 20—40) с амплитудой в 20 нТл на станции Майтюбе. Алгоритм диагностирует «ступень», определяя ее начало и конец, а также средний уровень, и пересчитывает ее к уровню стационарного поля. Точность восстановления данных после удаления «ступени» зависит только от точности исходных данных.

Таким образом, предложен оригинальный алгоритм восстановления данных режимных наблюдений геомагнитного поля и показана адек-

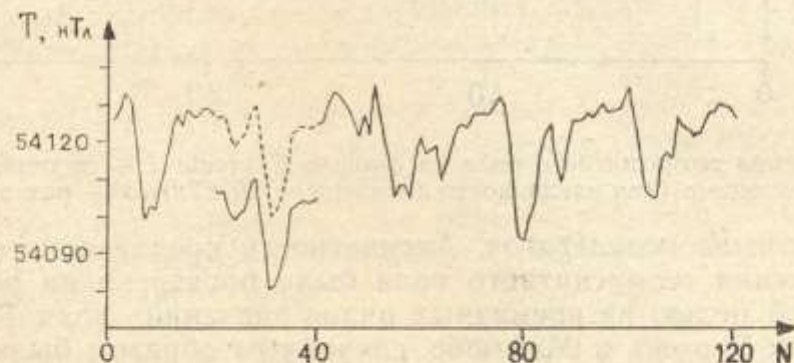


Рис. 3. Пример удаления «ступени» по станции Майтюбе. Пунктирной линией показаны восстановленные значения

ватность процедуры восстановления. Главное достоинство алгоритма — сохранение спектральных характеристик поля и достаточно высокой точности восстановления данных. Алгоритм предусматривает возможность модификации, например введение весовых коэффициентов для станций.

Разработанные на основе предложенного алгоритма программные средства автоматизированной коррекции позволяют за короткий срок произвести корректную ревизию магнитометрических данных на Алма-Атинском прогностическом полигоне за 10 лет. Следовательно, появляется возможность проведения ретроспективного анализа имеющихся материалов и получения новых результатов в решении проблемы поиска предвестников землетрясений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курскеев А. К., Бушуев А. В. Геомагнитные исследования в сейсмоактивных районах Казахстана // Сейсмологические исследования в Казахстане. Алма-Ата, 1983. С. 20—36.
2. Мажкенев С. А. Программное обеспечение базы данных «Магнитометрия» // Геолого-геофизические исследования в сейсмоактивном поясе Казахстана. Деп. в ВИННИТИ. М., 1990. С. 174—175.
3. Яновский Б. М. Земной магнетизм. Л., 1978. 591 с.
4. Рикитакэ Т. Предсказание землетрясений. М., 1979. 338 с.
5. Абдуллабеков К. Н. Электромагнитные явления в земной коре. Ташкент, 1989. 232 с.
6. Кендалл М. Временные ряды. М., 1981. 199 с.
7. Быстрые алгоритмы в цифровой обработке изображений // Под ред. Т. С. Хуанга. Пер. с англ. М., 1984. 224 с.

*Институт сейсмологии АН КазССР,
г. Алма-Ата*

**Известия АН Республики Казахстан.
Серия геологическая, 1992, № 2**

УДК 552.517:551.3

В. Н. ВАРДУГИН

СОСТАВ И СВОЙСТВА РЫХЛООБЛОМОЧНЫХ ПОРОД КАК ФАКТОР ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Приведены основные характеристики физико-механических свойств крупнообломочных пород в селевых очагах крупных горных массивов Казахстана, Средней Азии и Восточной Сибири, описаны некоторые методические особенности их определения, расчета и применения в прогностических моделях селеформирования, установлена зависимость между составом и свойствами пород в селевых очагах и вероятным структурно-реологическим типом селевого потока.

Разработка эффективных мер борьбы с любым природным явлением тесно взаимосвязана с вопросами его прогнозирования в пространстве и времени и расчета количественных характеристик.

Основные элементы, входящие в прогностические и расчетные модели, — физико-механические свойства рыхлообломочных пород — среды формирования современных геологических процессов, их изменение во времени в зависимости от гидрометеорологических факторов, являющихся наиболее динамичными.