Читинский государственный университет

На правах рукописи

04.2008 09407

Иваненкова Алёна Петровна

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАТИВНОСТИ АНОМАЛЬНОЙ ДИНАМИКИ ЕСТЕСТВЕННЫХ ПОЛЕЙ ЗЕМЛИ (ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО, МАГНИТНОГО И ГЕОХИМИЧЕСКОГО) НА РУДНЫХ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ

Специальность 25.00.10 «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых»

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель
д.т.н., профессор А.П. Карасев

Иркутск 2008

Содержание

Список сокращений 4

Введение 5

1. Ретроспективный анализ существующих представлений о суточной динамике естественных полей Земли (электрического, магнитного и геохимического) 14

1.1. Состояние проблемы 14

1.2. Методика исследований суточной динамики естественных полей Земли (электрического, магнитного и геохимического) и обработка полученных результатов 24

2. Исследование динамики геофизических полей на рудных объектах Комсомольского рудного района 32

2.1. Краткая характеристика геологического строения Комсомольского рудного района 33

2.2. Результаты исследований динамики естественного электрического и магнитного полей на оловорудных объектах..... 39

2.2.1. Зона «Соболиная» 39

2.2.2. Зона «Ветвистая»..... 79

2.2.3. Зона «Майская»..... 115

3. Суточная динамика естественного электрического поля Земли на безрудных объектах 143

3.1. Краткая характеристика исследуемого объекта..... 143

3.2. Результаты исследований суточной динамики естественного электрического поля Земли на безрудном объекте 159

4. Исследования динамики геохимических ореолов на оловорудных месторождениях Комсомольского рудного района 175

4.1. Зона «Соболиная»..... 175

4.2. Зона «Майская»..... 207

Заключение..... 224

Список литературы..... 227

Опубликованные работы..... 234

Список сокращений

$\sigma_{ЕП}$, $\sigma_{Т}$ - дисперсии потенциала ЕП и полного вектора напряженности МП

δС- нормированный показатель максимальной суточной динамики содержаний элемента

δU, δТ - показатели максимальной суточной динамики потенциала ЕП и полного вектора напряженности МП

$\Delta E_{ЕП}$, $\Delta E_{Т}$ - показатель выделения (или поглощения) энергии

$\overline{U}, \overline{T}$ - среднесуточные значения потенциала ЕП, полного вектора напряженности МП

$\eta_к$ – кажущаяся поляризация

$\rho_к$ – кажущееся сопротивление

$P_{атм}$ – атмосферное давление

Т – полный вектор напряженности геомагнитного поля

t^o – температура воздуха

$U_{ЕП}$ – потенциал ЕП

ГРП – геологоразведочная партия

ДВТГУ – Дальневосточное территориальное геологическое управление

ЕП – естественное электрическое поле

К – коэффициент взаимной корреляции

МП – магнитное поле

ПГО – производственное геологическое объединение

ПК – пикет

ПР – профиль

$C_{п.ср.}$ - нормированное среднее содержание элемента

$C_{п.ср.}$ – среднее содержание элементов, по площади наблюдений

СМТ – Северо-Муйский тоннель

ЧитПИ – Читинский политехнический институт

Введение

Актуальность исследований. Временные вариации геофизических полей, как естественных, так и искусственно вызванных, давно привлекают внимание ученых.

Большинство появляющихся новых геофизических методов основано на характеристиках полей, зависящих от времени.

Изменение электрического и магнитного полей Земли в суточном диапазоне времени известно с самых ранних времен развития геофизики.

Впервые, меняющиеся во времени естественные электрические поля, связанные с плохой воспроизводимостью полевых наблюдений, обнаружены в пятидесятые годы прошлого века Ю.С. Рыссом и другими исследователями [39,40].

Существование этих полей было воспринято, как помеха при съемке методом ЕП, затрудняющая выделение рудных аномалий, увязку профилей и планшетов, что послужило основанием для исследований этого явления, результаты которых, были обобщены А.С. Семеновым [42].

Меняющиеся естественные электрические поля Земли в длительном диапазоне времени, с целью выявления закономерностей их формирования, изучал Д.Л. Авгулевич [21].

Суточные вариации геомагнитного поля были замечены Грэхемом еще в 1722 г. Они являются наиболее устойчивыми из всех вариаций и стали объектом интенсивных исследований в конце XIX – начале XX столетий. В результате, из всех геомагнитных вариаций, они изучены наиболее основательно. В первом приближении, суточные вариации являются функциями широты и местного времени [32].

Колебания магнитного поля Земли учтены при разработке производственных инструкций, путем ввода соответствующих поправок и исключения проведения работ во время магнитных бурь [22]. На основании изучения динамики ранней стадии вызванной поляризации подобные предложения высказаны и в отношении инструктивных документов по этому виду геофизических поисков [24, 25].

Изучение проблемы изменчивости (динамики) естественных электрического и магнитного полей, применительно к детальным поискам рудных месторождений, проводилось С.Ю. Баласаняном с сотрудниками кафедры геофизики Читинского политехнического института. Результаты работ обобщены в докторской диссертации и монографии С. Ю. Баласаняна [3]. При проведении этих исследований было отмечено существование явления суточных пульсаций геохимических ореолов над рудными образованиями [5, 10, 11]. В некоторых работах это явление предлагается использовать в качестве способа оценки продуктивности оруденения при детальных поисках рудных месторождений в составе технологического комплекса методов динамической геофизики.

Несмотря на многочисленные исследования вариаций ЕП, МП и пульсаций геохимических ореолов, окончательно не определенными остались закономерности их поведения над рудными зонами, тектоническими нарушениями и другими геологическими образованиями. Не ясна прикладная роль изменчивости этих полей, ее геологическая информативность, возможные масштабы исследования и т.д.

Все перечисленные причины дают основание считать исследования аномальной динамики естественных электрического, магнитного и геохимического полей интересными не только в научно-познавательном аспекте, но и актуальными в прикладном отношении.

Предмет исследований - меняющиеся во времени естественные электри-

ческое, магнитное и геохимическое поля Земли.

Объект исследований – оловорудные месторождения Комсомольского рудного района, Северо-Муйский тоннель БАМ.

Цель исследования - изучение геологической информативности аномальной динамики естественных полей Земли (электрического, магнитного и геохимического) на рудных и безрудных объектах.

Основные задачи, решаемые в ходе исследований:

1. Выбор объектов для суточных наблюдений за естественными электрическим, магнитным и геохимическим полями Земли;

2. Адаптация методики полевых наблюдений естественного электрического, магнитного и литогеохимичских полей и их обработки под суточные наблюдения;

3. Анализ связи получаемых результатов динамических наблюдений с геологическими и метеорологическими условиями проведения натурных экспериментов;

4. Оценка возможности извлечения полезной геологической информации из аномалий параметров динамики ЕП, МП и пульсации геохимических ореолов.

Методы исследований. Полевые исследования, включающие: сбор данных о меняющихся во времени естественных электрическом и магнитном полях, вариациях метеорологических факторов и отбор литогеохимических проб. Для определения элементарного состава проб использовался экспрессный спектральный анализ. Математическая обработка материалов включала расчеты параметров динамики полей, статистический и корреляционный анализы. Изучение геологической информативности меняющихся во времени естественных полей Земли осуществлялось методом сравнения графиков полученных вре-

менных разверток и рассчитанных по ним параметров динамики с геологическими разрезами.

Достоверность. Фактический материал базируется на наблюдениях ЕП, МП и анализе литогеохимических проб в течение нескольких полевых сезонов. Естественное электрическое поле измерялось на трех рудных зонах Комсомольского рудного района и на двух тектонических блоках Северо-Муйского тоннеля. На рудных зонах наблюдения проведены на 7 профилях в 116 физических точках. На тектонических блоках наблюдения проведены по двум профилям на 126 точках наблюдения. Магнитное поле измерялось на трех рудных зонах в 153 точках. На рудной зоне «Майская» и на тектонических блоках Северо-Муйского тоннеля наблюдения выполнялись в течение одних, на двух других рудных зонах в течение двух-трех суток. Временной интервал между замерами в одних и тех же точках был регулярным и составлял 2 часа.

Литогеохимические пробы отбирались на двух зонах Комсомольского рудного района в течение одних суток в общей сложности на 20 точках наблюдения. Временной интервал отбора проб так же составлял 2 часа.

Таким образом, достоверность полученных выводов подтверждается представительным объемом полевых наблюдений, совпадением аномалий динамики физических полей с реальными геологическими объектами, представленными оловорудными зонами и тектоническими структурами.

На защиту выносятся следующие научные положения.

1. Суточные вариации естественных электрического и магнитного полей Земли в энергоактивных образованиях, представленных оловорудными зонами, контактами пород и тектоническими нарушениями, имеющими четкие границы с вмещающими породами, отмечаются резким (аномальным) нарушением регулярности вариаций и повышением их амплитуды. В фоновых точках вариации имеют спокойный квазилинейный или квазисинусоидальный характер.

2. Форма изменений вариаций ЕП и МП в аномальных точках многообразна. Вариации ЕП и МП и графики параметров динамики, полученные в разные сутки и при различных погодных условиях, практически не воспроизводятся, поэтому, измерения с целью решения практических задач, например, изучения структуры рудных полей и месторождений, выявления активных тектонических зон должны носить мониторинговый характер.

3. Объективно существуют определенные закономерности в поведении геохимических ореолов во времени. Ореолы имеют пульсирующий характер. Наиболее интенсивные пульсации наблюдаются во вторичных ореолах рассеяния. По интенсивности пульсаций исследованные элементы разделяются на две группы. Первая группа - халькофильные металлы и металлы группы железа. Вторая - щелочные и щелочноземельные металлы. Аномалии динамики геохимических ореолов элементов первой группы хорошо увязываются с геологическим разрезом.

Научная новизна. В итоге проведенных исследований получен ряд результатов, определяющих научную новизну работы в целом:

1. Установлено, что суточные вариации естественных электрического и магнитного полей Земли в энергоактивных зонах отличаются резким (аномальным) нарушением регулярности вариаций, которые в «фоновых» точках имеют спокойный квазилинейный, либо квазисинусоидальный характер. Форма вариаций в аномальных точках не только не воспроизводится, но резко отличается в разные сутки. Аномальная динамика ЕП и МП имеет вероятностный характер. Она может проявляться в виде интенсивных аномалий в одни сутки (в частности в предгрозовые) и вовсе не проявляется в другие сутки.

2. Аномалии суточной динамики естественных электрического и магнитного полей увязываются с геологическим разрезом. На оловорудных объектах они увязываются с рудными зонами. Над тектоническими нарушениями, ха-

рактеризующимися современной тектонической активностью, имеющими четкие границы в виде глинки трения и «зеркал» скольжения, наблюдаются аномальные искажения вариаций ЕП и аномалии параметров динамики по амплитуде и характеру искажений аналогичные наблюдаемым над оловорудными зонами. Практически не создают аномалий параметров динамики ЕП нарушения в виде одиночных «сухих» трещин, либо серии таких трещин.

3. Все измеряемые параметры динамики ЕП и МП весьма сильно зависят от метеорологических условий измерений. При этом аномалии параметров динамики магнитного поля, в разных погодных условиях меняя свою амплитуду и протяженность, практически не меняют своего пространственного положения, однозначно увязываясь с выходом к дневной поверхности рудных зон. Аномалии динамики ЕП могут менять свое пространственное положение в зависимости от направления движения грозовых электрически заряженных туч. Вариации ЕП и МП и графики параметров динамики, измеренные в ясную и грозовую погоду, практически не воспроизводятся

4. Экспериментально подтверждается факт пульсации геохимических ореолов, как объективно существующего явления. Наиболее интенсивные пульсации содержания элементов наблюдаются во вторичных ореолах рассеяния. По интенсивности пульсаций геохимических ореолов исследованные элементы разделяются на две группы. К первой группе, отличающейся повышенной амплитудой пульсаций, относятся халькофильные металлы и металлы группы железа. Во второй группе, включающей типичные щелочные и щелочноземельные металлы, пульсации ореолов практически не наблюдаются. Аномалии параметров динамики геохимических ореолов элементов первой группы хорошо увязываются с геологическим разрезом.

Практическое значение результатов работы. Аномалии параметров суточной динамики естественных электрического и магнитного полей дают важную геологическую информацию, как рудоносного, так и геокартировочного характера. Минерализованные зоны кварц-турмалиновых и кварц-серицитовых

метасоматитов с промышленным содержанием олова создают специфические нарушения регулярности суточных вариаций и положительные аномалии параметров динамики ЕП и МП. Наиболее однозначно информацию о положении рудных зон данного типа дают аномалии параметров динамики МП. Аномалии параметров ЕП, кроме рудных зон, фиксируют минерализованные зоны окварцевания, зоны дробления, контакты пород разного состава.

Регистрация естественного электрического поля во времени осуществляется при наблюдениях за процессами оползне- и карстообразования, предотвращения горных ударов и т.д. Полученные в данной работе результаты применимы при проектировании мониторинговых исследований указанных явлений и правильной интерпретации материалов.

Изучение динамики естественного электрического поля на инженерно-геологических объектах (при строительстве тоннелей, плотин, автомобильных и железных дорог и т.д.) позволит картировать тектонические нарушения, характеризующиеся современной тектонической активностью.

Широкий диапазон изменения концентрации элементов в «пульсирующих» ореолах рассеяния, зависящий от времени отбора пробы, может приводить к ошибкам в оценке перспективности ореолов рассеяния, являющихся одним из важных поисковых критериев. Это следует учитывать при проведении геохимических исследований.

Реализация результатов. Полученные в ходе исследований научные выводы и методические разработки были рекомендованы Дальневосточному территориальному геологическому управлению для внедрения при детализационно-оценочных геофизических работах и интерпретации геофизических полей с целью выделения перспективных участков на оловорудных месторождениях и рудопроявлениях Приамурья; производственному геологическому объединению «Бурятгеология» для внедрения при изучении современной активности тектонических разломов в районе Северо-Муйского тоннеля.

Апробация работы. Результаты диссертации докладывались на Всероссийском научно-техническом совещании «Геофизические методы при разведке недр и экологических исследованиях» (Томск, 1998 г.), на научно-технических конференциях ЧитГТУ (1998, 1999, 2000 г.г), на научно-технических конференциях Читинского государственного университета (Чита, 2001 – 2007 г.г). Материалы, приведенные в диссертации, обсуждались на научно-практических семинарах и расширенном заседании кафедры геофизики ЧитГУ.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 24 работы, в том числе 2 в изданиях по перечню ВАК.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из «Введения», четырех глав, «Заключения» и сопровождается списком литературы, состоящим из 72 наименований первоисточников. Работа представлена на 237 страницах и содержит 134 рисунка и 4 таблицы.

В первой главе диссертации, в ретроспективном виде, рассматривается вопрос изученности меняющихся во времени естественных электрического и магнитного полей Земли и явление пульсации геохимических ореолов. Там же излагается методика исследований суточной динамики естественных полей (электрического, магнитного и геохимического) и обработка полученных результатов. Во второй главе рассматриваются результаты исследования суточной динамики геофизических полей на оловорудных объектах Комсомольского рудного района. В третьей главе описываются и анализируются результаты исследований суточной динамики естественного электрического поля Земли на безрудном объекте (Северо-Муйский тоннель). Четвертая глава содержит сведения о пульсациях геохимических ореолов на оловорудных объектах Комсомольского рудного района.

Автор выражает огромную благодарность научному руководителю, заведующему кафедрой геофизики ЧитГУ, д.т.н., профессору А.П. Карасеву за ру-

ководство и большую помощь в осмыслении полученных материалов. Большое спасибо сотрудникам кафедры геофизики: Д.Л. Авгулевичу, Т.Г. Дроковой, В.А. Кобыльскому, С.Д. Кочневу, В.В. Оленченко, В.С. Салихову, В.В. Трущенко, Е.Ю. Юдицких, Л.А. Лихановой - за дружескую поддержку и за плодотворное участие на разных этапах выполнения работы, а также студентам-геофизикам ЧитГУ, помогавшим при сборе полевых материалов и оформлении диссертации.

1. Ретроспективный анализ существующих представлений о суточной динамике естественных полей Земли (электрического, магнитного и геохимического)

1.1. Состояние проблемы

Впервые меняющиеся во времени естественные электрические поля обнаружены в 1951 году Ю.С. Рыссом [38, 39] в связи с плохой воспроизводимостью полевых наблюдений.

Существование этих полей было воспринято как помеха при съемке методом ЕП, затрудняющая выделение рудных аномалий, увязку профилей и планшетов. Это, послужило основанием для исследований в 50-х годах прошлого века такого явления, результаты которых были обобщены А.С. Семеновым [40].

Меняющееся во времени ЕП представляет собой поле с квазисинусоидальным характером колебаний. Оно имеет суточный период, хотя позднее Д.Л. Авгулевичем [21] было установлено существование и более длинных периодов. Максимальный зарегистрированный размах вариаций потенциала ЕП ($U_{ЕП}$) достигает 300-400 мВ. Характер суточных вариаций ЕП показан на рис. 1.1 (по Д.Л. Авгулевичу).

В пространстве такие поля сопровождают в основном отрицательные аномалии ЕП, в отдельных случаях - положительные. Линейные размеры аномальных зон колеблются от первых до нескольких сотен метров. Ход графиков в аномальных зонах имеет интенсивно изрезанный характер. Детализация наблюдений приводит к получению ещё более сложно построенных кривых. Сопоставление с другими геофизическими полями показало, что аномальные зоны часто совпадают с положительными аномалиями и градиентами кажущейся поляризуемости.

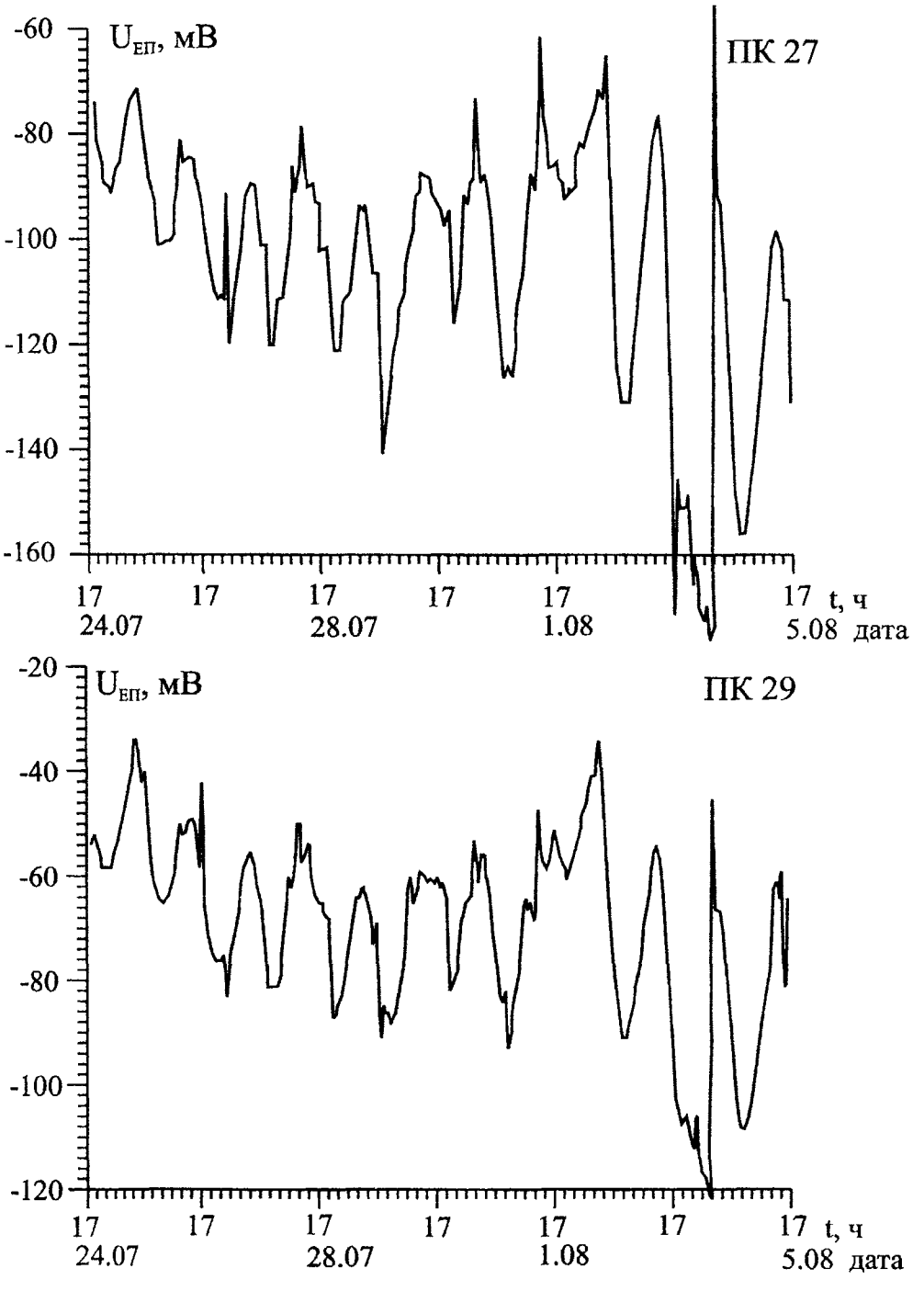


Рис. 1.1. Характер суточных вариаций ЕП в эпицентре аномалии (по Д. Л. Авгулевичу [21])

Установлена зависимость появления меняющихся во времени полей от геоморфологической обстановки. В частности, они в большинстве своём приурочены к возвышениям и открытым склонам южной экспозиции. Эти поля регистрируются над участками дневной поверхности с небольшой мощностью (первые сантиметры) почвенно-растительного слоя и рыхлых отложений. Ю.С. Рысс [38,39] отмечает совпадение меняющихся во времени полей с гидротермально измененными породами и рудоносными структурами.

Установлена зависимость потенциала ЕП от температуры воздуха и почвы. При этом в сухую погоду она носит обратный характер, а когда грунт имеет большую влажность (после дождей) обнаруживается прямая зависимость между этими параметрами.

Исследования, проведенные в скважинах, показали, что на глубинах порядка одного метра вариации поля затухают практически до нуля. Зимние наблюдения отметили отсутствие меняющихся во времени полей [21].

В монографии А.С. Семенова [40] приводятся данные о том, что зоны с меняющимися во времени полями встречаются довольно широко. Так, они обнаружены на Алтае, в Северном и Центральном Казахстане, на Кавказе. Этот тип полей установлен над различными породами. Например, над окварцованными метаморфическими сланцами, туфопесчаниками и туфолавами, алевролитами, серицитовыми сланцами и вторичными кварцитами.

Как одно из объяснений, существования меняющих во времени полей А.С. Семенов предполагает, что механизм этого явления связан с приповерхностными процессами. В условиях достаточно большой влажности верхнего слоя при нагревании поверхности грунта вода испаряется и поднимается вверх по мелким капиллярам. В этот период изменения потенциала находятся в прямой зависимости от температуры почвы. С высыханием породы до состояния, когда капиллярный подъем воды прекращается, в ней остаются преимущественно пленочные воды. Они удерживаются на твердых частицах силами сцепления, которые в большей степени, зависят от температуры. С увеличением темпера-

туры пород в некоторой области силы сцепления уменьшаются, что обуславливает движение воды из нее в места с более низкими температурами. Таким образом, при движении жидкости возникают фильтрационные потенциалы. В результате такого поведения пленочных вод образуются аномалии с обратной температурной зависимостью.

Вопрос прикладного значения меняющихся во времени полей А.С. Семенов рассматривал как перспективный, но отмечал, что необходимы дополнительные исследования этого явления. В тоже время Ю.С. Рысс [38,39], на основании приуроченности этих полей к гидротермальноизмененным и оруденелым породам, выделял их наличие, как поисковый признак.

Д.Л. Авгулевич [21] в 1998-1999 г.г. провел многосуточные измерения вариаций потенциала ЕП в интенсивной (до 300 мВ) аномалии ЕП фильтрационной природы. Объектом исследования была аномалия, приуроченная к позднеюрской трубке взрыва (Тыргывкенская-1), выполненная эксплозивными туфобрекчиями кислого состава и выраженная в рельефе в виде купола размерами 100×60 м. Им установлены, кроме суточных, длиннопериодные вариации ЕП (с периодом около 20 суток), четкая корреляция суточных вариаций ЕП с изменением температуры воздуха и резкое изменение регулярности суточных вариаций в периоды аномального понижения атмосферного давления, длительностью 1-2 суток, с градиентом около 10 мм рт.ст./сут. Эти апериодические изменения $P_{атм}$ сопровождаются повышением показателя максимальной динамики. Показатель максимальной динамики $\delta U_{сут}$ увязывается с амплитудой аномалий потенциала ЕП. Они выше в эпицентрах аномалий $U_{ЕП}$ и понижается в их краевых частях. Д.Л. Авгулевич установил зависимость, показателя максимальной суточной динамики $\delta U_{сут}$ от интенсивности дождей, т.е. от количества осадков. Непродолжительные дожди видимого вклада в характер вариаций ЕП не вносят. Напротив, длительные ливни практически полностью подавляют суточные вариации $U_{ЕП}$ в аномалиях, приводя их к уровню и форме, соответствующих фоновым точкам. В качестве иллюстрации на рис. 1.2 приведены, полученные

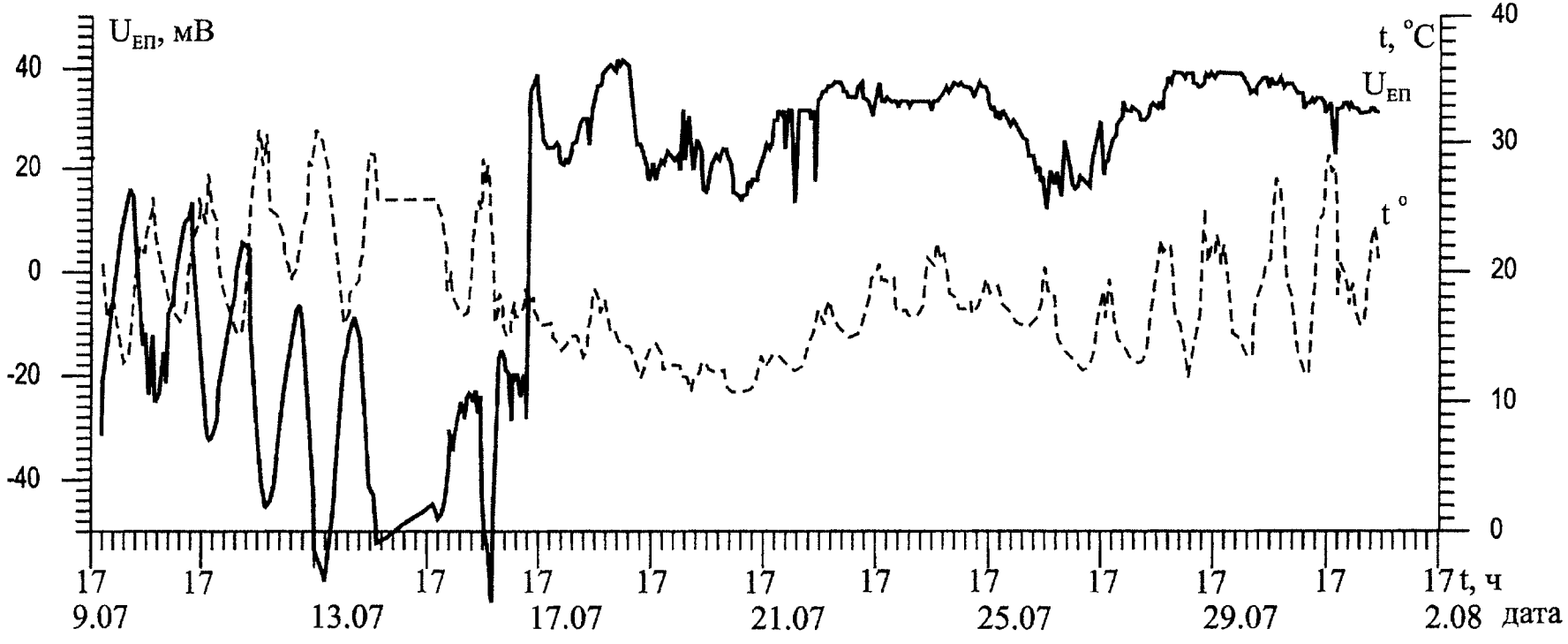


Рис. 1.2. Характер суточных вариаций ЕП и температуры, полученных при различных погодных условиях в эпицентре аномалии

(по Д. Л. Авгулевичу [21])

Д.Л. Авгулевичем [21], вариации ЕП и температуры в период с 9.07 по 29.07.1998 г. в эпицентре описанной выше аномалии. В период сухой жаркой погоды (9.07-15.07.1998 г) вариации $U_{ЕП}$ имеют практически синусоидальную форму и находятся в противофазе с изменением температуры воздуха. Атмосферный фронт, характеризующийся резким понижением давления 15-16.07.1998 г (с 695 до 680 мм рт.ст.), а затем таким же резким его подъемом, полностью нарушает регулярность суточных вариаций, а последующие вслед за этим длительные дожди полностью изменили закономерность вариаций, наблюдаемых в ясную погоду.

Суточные вариации геомагнитного поля были замечены Грэхемом еще в 1722 г. Они являются наиболее устойчивыми из всех вариаций и были объектом интенсивных исследований в конце XIX – начале XX столетий. В результате, из всех геомагнитных вариаций, они изучены наиболее основательно. В первом приближении суточные вариации являются функциями широты и местного времени [32]. Исторически наиболее известные представления поля суточных вариаций, в течение многих лет служившие их моделью, принадлежат Чепмену [49], использовавшему данные по 21-ой обсерватории за 1902-1905 г.г. Позже, многими исследователями было установлено различие хода суточных вариаций магнитного поля в аномальном и нормальном магнитных полях.

Изучению суточных вариаций МП с целью их увязки с геологическими факторами посвящены работы многих исследователей: Беньковой Н.П. [12], Логачева А.А., Захарова В.П. [29], Распопова О.М. [59], Филатова В.Н. [46], Васюточкина Г.С. [15, 16] и многих других и, тем не менее, несмотря на многочисленные исследования в этом направлении, в 80-х годах исследователями был сделан вывод о том, что возможности использования магнитных вариаций для решения геологических задач изучены еще недостаточно.

Изучение проблемы изменчивости ЕП и МП было начато С.Ю. Баласаняном в 80-90-ых годах прошедшего века, в которых автор диссертации принимал непосредственное участие. За этот период был накоплен опыт, освещенный

в ряде статей [3-9], в нескольких научно-исследовательских отчетах [64-70]. Результаты работ обобщены в монографии С.Ю. Баласаняна «Динамическая геоэлектрика» и его докторской диссертации.

Работы относятся к исследованию процесса изменения геофизических полей в течение суток. Для обозначения этого феномена С.Ю. Баласаняном введен общий термин — «аномальная суточная динамика локальных геофизических полей, проявляющаяся над энергоактивными геологическими образованиями».. При этом под динамикой ЕП понимается амплитуда суточной вариации ЕП, наблюдаемой в данной точке, а под динамикой МП амплитуда вариации в аномальной точке, остающаяся после вычитания суточной вариации, измеряемой вариационной станцией в нормальном поле.

Энергоактивные геологические образования С.Ю. Баласаняном определены как наиболее ослабленные и потому энергопроницаемые зоны литосферы. Геологические особенности таких зон сформулированы не четко. По характеру геологической среды и ее электромагнитных свойств энергоактивные образования им подразделены на объекты электрокинетической и полигенной природы.

К первому типу относятся геологические комплексы, расположенные в приповерхностном капиллярном слое мощностью 0,1...5 м с высокой водонасыщенностью. Они распространены в областях развития многолетней мерзлоты, в зонах тектонических разломов, а также в областях карстовых и оползневых процессов. Аномальная суточная динамика на таких участках обусловлена электрокинетическими явлениями, вызванными суточными вариациями столба жидкости в капиллярах горных пород.

Группа объектов с полигенной природой динамики объединяет рудные тела с электронопроводящей минерализацией, для которых характерны соответствующие виды поляризации, например, электрохимическая. Этим энергоактивным телам также присущи электрокинетические эффекты, которые в зонах тектонических разломов имеют большее по глубине распространение, чем в объектах первого типа. Мощности энергоактивных зон этой группы составляют

0,1...20 м, но могут достигать первых сотен метров. По представлениям С.Ю. Баласаняна [4] прочее геологическое пространство объединяют обширные по объему энергопассивные массивы горных пород с неизменными в течение суток физическими свойствами.

Выбор для исследования суточной динамики методов естественного и магнитного полей Земли обусловлены тем, что они отличаются высокой производительностью при заметной дешевизне, простотой измерений, обработки данных и предложены С.Ю. Баласаняном [4] в качестве базовых в комплексе методов динамической геофизики. Кроме того, в связи со сравнительно небольшим объемом исследований этого явления, геологическая информативность его до сих пор не определена. Сам С.Ю. Баласанян практически все аномалии динамики ЕП и МП истолковывал как «рудные», указывающие на наличие «концентрированного оруденения». Термин, сам по себе, спорный и с геологической точки зрения не определенный.

Теоретические представления о динамике ЕП и МП С.Ю. Баласаняна изложены достаточно подробно в его книге [4].

Согласно С.Ю. Баласаняну [4], к энергоактивным тектоническим нарушениям относятся те из природных разрывов, которые находятся либо в зоне накопления энергии (способной в будущем привести в движение разрыв), либо в зоне преобразования энергии из потенциальной (накопленной) в кинетическую (т.е. в энергию движения разрыва).

Для выявления энергоактивных геологических образований, на основе регистрации динамики полей наблюдающейся над ними, на кафедре геофизики ЧитПИ с участием автора разработан технологический комплекс методов динамической геофизики.

В 60-80-е годы прошлого столетия, когда в больших объемах проводились исследования естественных электрических полей Земли на рудных объектах, ряд исследователей указал на участие электрохимических явлений, обусловленных этими полями, в процессах рудообразования [4, 8, 11], электрохи-

мического преобразования руд и вмещающих пород, и ореолообразования [37]. Было установлено, что для естественных электрических полей околорудных приповерхностных гальванических элементов плотность тока вблизи полюсов колеблется в пределах $10^{-1} - 10^{-4}$ А/м^2 [37]. В эти же годы Ю.С. Рысс предложил геоэлектрохимический способ разведки, названный методом частичного извлечения металлов (элементов) (ЧИМ), основанный на переносе под действием электрического поля элементов геохимических ореолов, их накоплении и анализе. Все это указывает на возможное влияние естественных электрических полей Земли на состояние геохимических ореолов.

Естественные электрические поля над энергоактивными зонами могут в течение суток спонтанно меняться в широких пределах. Это может вызвать и изменение геохимических ореолов. С.Ю. Баласанян в своей монографии [4] отмечает, как установленный факт, существование неизвестного ранее явления суточных пульсаций геохимических ореолов над энергоактивными каналами, которые выполнены рудными образованиями.

Все выше изложенное, послужило мотивом более детального экспериментального изучения этого явления.

Из приведенного выше анализа можно сделать вывод о том, что, несмотря на многочисленные исследования вариаций естественных электрического и магнитного полей Земли окончательно не определены закономерности их поведения над рудными зонами, тектоническими нарушениями и другими геологическими образованиями, определяемыми С.Ю. Баласаняном как энергоактивные зоны.

Недостаточно изучены вопросы динамики геофизических полей, выделенной С.Ю. Баласаняном, как самостоятельное объективно существующее природное явление. В самой концепции С.Ю. Баласаняна, изложенной выше, существует противоречие. С одной стороны, среди возможных энергоактивных зон, наряду с рудными телами месторождений, перечисляются тектонические

разломы, карстовые полости, оползневые процессы.

С другой стороны при истолковании результатов полевых наблюдений на разных объектах практически все аномалии суточной динамики рекомендуются С. Ю. Баласаняном к проверке на наличие «концентрированного оруденения», а сами методы динамической геофизики рекомендуются как высокоэффективный комплекс для детальных поисков рудных месторождений [64-70].

Вместе с тем, вопрос – все ли рудные тела и зоны являются энергоактивными каналами, остался открытым. Не ясна роль тектонических нарушений и других неоднородностей геологического разреза в качестве энергоактивных каналов. Т. е. вопросы геологической информативности методов динамической геофизики рассмотрены не полностью. В монографии С. Ю. Баласаняна, приведены в очень кратком изложении сведения об эффекте аномальной суточной динамики локальных литохимических, гидрохимических и других полей. Однако закономерности этого явления и возможности практического использования не изучены.

В связи с вышеизложенным, основной целью данной работы являлось изучение геологической информативности аномальной суточной динамики естественных электрического, магнитного и геохимического полей на конкретных геологических объектах.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Изучение суточных вариаций и параметров динамики ЕП и МП на оловорудных месторождениях Хабаровского края, отличающихся морфологией и составом рудных тел.

2. Изучение суточных вариаций и параметров динамики ЕП и МП на безрудном объекте с хорошо изученной тектоникой.

3. Изучение суточных пульсаций и параметров динамики геохимических полей.

4. Оценка прикладного значения динамики геофизических и геохимических полей, возможных масштабов исследования и их прикладного применения.

1.2. Методика исследований суточной динамике естественных полей Земли (электрического, магнитного и геохимического) и обработка полученных результатов

В методике и технике измерений реализованы два главных принципа:

1) многократность измерений в течение суток на одних и тех же пикетах наблюдения;

2) одновременность измерений по всем пикетам наблюдения.

Выполнение первого принципа – многократность измерений не накладывает дополнительных методических или технических требований на те, что предусмотрены действующими инструкциями по традиционным геофизическим методам. Второй принцип – одновременность измерений, достигается путем опроса заранее подготовленных пикетов наблюдений. Количество одновременно опрошенных пикетов наблюдения определяется из того расчета, чтобы общая длительность времени опроса не превышала 15 минут. На фоне суточной динамики t_g = 24 часа, такая длительность измерений обеспечивает условие [4]:

$$15\,мин. \geq t_{опр} << t_g, \qquad (1.1)$$

которое позволяет считать измерения на сравниваемых пикетах наблюдения – приблизительно одновременными.

Как видим, временной диапазон, устанавливаемый формулой 1.1 чрезвычайно широк. Поэтому установления реального временного шага измерений потребовало специальных исследований. С этой целью на профиле 2 зоны «Соболиная» проведены измерения суточных вариаций ЕП и МП через 15, 30, 60, 120 минут. Результаты измерений приведены на рис. 1.3 - 1.4. Их анализ показывает, что оптимальным временным шагом наблюдений является период около 2 часов. При таком шаге достоверно устанавливается основная квазисинусоидальная закономерность суточной вариации. Измерения с более мелким шагом отражают локальные флюктуации, не изменяющие общей закономерности.

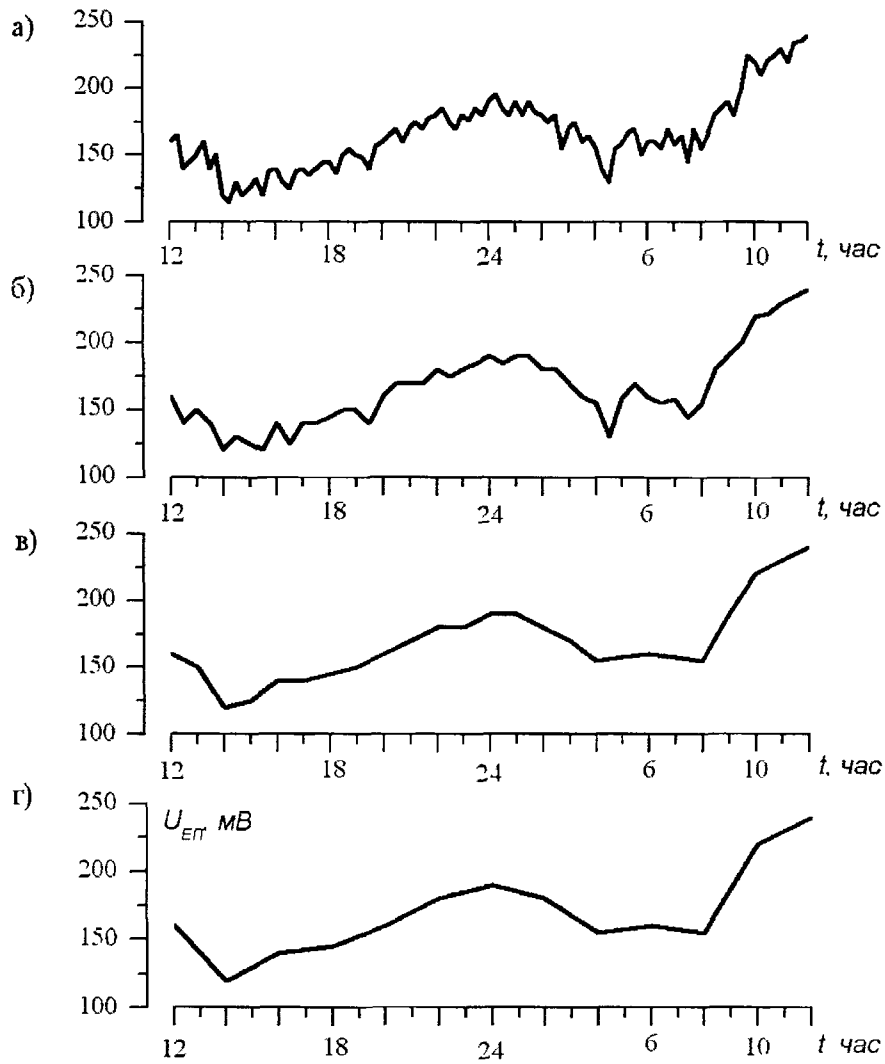


Рис. 1.3. Суточные вариации ЕП по профилю 2 зоны «Соболиная» (ПК 105), измеренные с временным шагом:

а) 15 мин; б) 30 мин; в) 60 мин; г) 120 мин

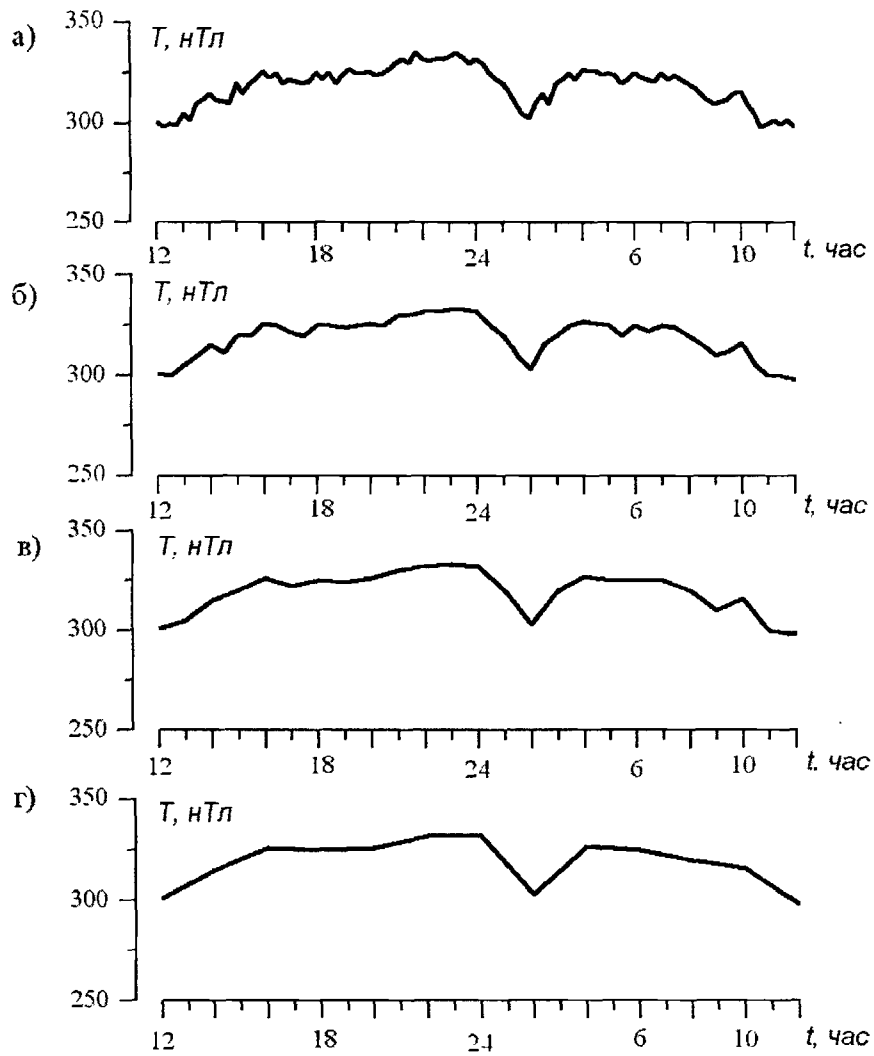
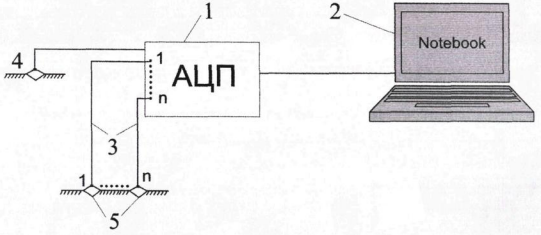


Рис. 1.4. Суточные вариации МП по профилю 2 зоны «Соболиная» (ПК 105), измеренные с временным шагом:

а) 15 мин; б) 30 мин; в) 60 мин; г) 120 мин

Необходимость одновременного измерения ЕП и МП на всех намеченных пикетах профиля за короткий период времени и локальность зон аномальной динамики ЕП и МП предопределяет детальный шаг наблюдений (5-10 м) на профилях длиной не более 500 м.

Поэтому измерения естественного электрического поля проводились известным способом потенциала с помощью специального измерительного комплекса (рис. 1.5), включающего серийный аналогово-цифровой преобразователь, сопряженный с портативным компьютером Notebook, измерительную косу из многожильного кабеля с выводами на каждом пикете наблюдения, неполяризующиеся электроды, заземленные и подсоединенные на каждом пикете к соответствующему выводу измерительной косы. Д.Л. Авгулевичем показано, что лучшие результаты в данном случае получаются со свинцовыми неполяризующимися электродами.



1 – серийный аналогово-цифровой преобразователь; 2 – портативный компьютер Notebook; 3 – измерительная коса (многожильный кабель с выводами на каждом пикете наблюдения); 4, 5 – неполяризующиеся, свинцовые электроды

Рис. 1.5. Схема измерительного комплекса

В методе МП измерялся полный вектор напряженности геомагнитного поля Т по тем же пикетам наблюдения и с тем же временным шагом, что и в методе ЕП, с помощью высокоточных серийных протонных магнитометров ММП-203. Измерения производились по стандартной методике с обязательной регистрацией суточных вариаций на КП.

Точность измерений проверялась путем повторных наблюдений. Повторные измерения проводились сразу же после основного замера на контрольных пикетах. Число контрольных пикетов составляло не менее 10 % от общего числа пикетов наблюдения. К тому же повторное измерение всегда производилось, если очередное по времени измерение резко отличалось от предыдущего. Основное наблюдение считалось достоверным, если повторный замер, выполненный сразу же за основным, отличался от основного не более чем на величину, соответствующую действующей инструкции по традиционным геофизическим методам.

Обработка результатов наблюдений включала:

1. Построение графиков зависимости измеряемых геофизических параметров ($П$) от времени суток (t) для каждого пикета наблюдения (временные развертки);

2. Определение среднего значения $\overline{П}(x)$ из параметров $П(t,x)$, измеренных на пикете x в диапазоне времени t и построение графиков зависимости $\overline{П}(x)$ от пикетов x вдоль профиля наблюдения.

3. Определение показателя максимальной суточной динамики геофизического параметра (размах вариации) $\delta П$ на каждом пикете x по формуле:

$$\delta П = П_{макс} - П_{мин} \qquad (1.2)$$

и построение графиков зависимости $\delta П$ от пикетов наблюдения.

4. Определение дисперсии $\sigma(x)$ значений $П(t,x)$ на каждом пике x и построение графиков зависимости $\sigma(x)$ от пикетов вдоль профиля наблюдений.

5. Оценка энергоактивности геологических образований с помощью показателя выделения (или поглощения) энергии на каждом пикете x:

$$\Delta E(x) = \sum_{\nu} \Delta S_{Л}(\nu, x), \qquad (1.3)$$

где $\Delta S_{Л}(\nu, x)$ – разность спектров локальной и региональной относительной динамики на каждом пикете наблюдения, определяемая по формуле:

$$\Delta S_{Л}(\nu, x) = S_{Л}(\nu, x) - S_{Р}(\nu);$$

$S_{Р}(\nu)$ – спектр региональной относительной динамики, равный:

$$S_{Р}(\nu) = \sum_{x} S_{Л}(\nu, x) \Big/ N;$$

ν - частота спектральных преобразований.

Затем строятся графики зависимости $\Delta E(x)$ от пикетов x вдоль профиля наблюдения.

Рациональность определения такого большого количества параметров при обработке требует специального анализа результатов полевых наблюдений с целью оценки их геологической информативности.

Методика геохимических работ включала одновременный отбор литогеохимических проб через каждые два часа в течение суток, на отдельных пикетах наблюдения по профилю, с последующим определением содержания химических элементов в каждой пробе.

Отбор проб производился из гумусового слоя с площадки 400 см ^{2}, разделенной на 12 равных частей, в произвольном порядке – одну из 12 частей в каждый момент времени. Для определения элементарного состава проб использовался экспрессный спектральный анализ на спектрографе ДФС-13, который проводился в спектральной лаборатории ПГО «Бурятгеология». Спектральный анализ проводился на 45 элементов. Пределы обнаружения элементов, которые рассматриваются ниже, приведены в таблице 1.

Далее будут рассматриваться элементы, содержания которых превышают пределы обнаружения на один - два порядка. Несмотря на известную недоста-

точную точность спектрального анализа, он широко используется при геохимических исследованиях и, как будет показано ниже, позволяет хотя и не на уровне количественных соотношений, а качественно изучить поведение геохимических ореолов во времени и их динамику.

Таблица 1. **Предел обнаружения элементов, в %**

№ п.п.	Элемент	Предел обнаружения	№ п.п.	Элемент	Предел обнаружения	№ п.п.	Элемент	Предел обнаружения
1	Si	0,001	16	Pb	0,001	31	Nb	0,002
2	Al	0,001	17	Zn	0,003	32	Ta	0,03
3	Fe	0,001	18	Cd	0,002	33	Be	0,0001
4	Cf	0,03	19	Ag	0,0001	34	Sc	0,001
5	Mg	0,001	20	Sb	0,008	35	Yb	0,0001
6	Na	0,03	21	Bi	0,0003	36	Y	0,001
7	Ti	0,001	22	As	0,01	37	La	0,003
8	Mn	0,001	23	Te	0,03	38	Ce	0,03
9	Cr	0,001	24	Sn	0,0001	39	Gd	0,008
10	Ni	0,0003	25	Ge	0,0003	40	U	0,03
11	Co	0,0008	26	Ga	0,001	41	Th	0,01
12	V	0,001	27	Jn	0,001	42	Sr	0,08
13	Mo	0,0001	28	Tl	0,001	43	Ba	0,01
14	W	0,002	29	Zr	0,001	44	P	0,03
15	Cu	0,0003	30	Hf	0,01	45	Li	0,003

Обработка результатов литогеохимических исследований состояла в:

- построении графиков вариаций содержания химических элементов в течение суток;

- определении нормированного среднего содержания элементов на каж-

дом пикете наблюдения:

$$C_{н.ср.} = \frac{C_{ср}}{C_{п.ср}};$$

$C_{ср}$ – среднее содержание элементов на пикете наблюдения; $C_{п.ср.}$ – среднее содержание элементов по площади наблюдений.

- определении нормированного показателя максимальной суточной динамики содержания элементов на каждом пикете наблюдения

$$\delta C_{н} = \frac{C_{max} - C_{min}}{C_{п.ср}},$$

где C_{max} и C_{min} – соответственно, максимальное и минимальное значения содержания элемента на пикете наблюдений.

- построении диаграмм распределений $C_{н.ср}$ и $\delta C_{н}$ по пикетам профиля наблюдений.

Интерпретация результатов исследований заключалась в анализе формы суточных вариаций ЕП, МП и содержания элементов геохимических ореолов на пикетах наблюдений по профилям, выделение пикетов с аномально нарушенной регулярностью вариаций и анализе графиков основных параметров динамики, предложенных С.Ю. Баласаняном [4].

Далее выделенные аномальные пикеты увязывались с геологическими разрезами, и оценивалась геологическая информативность отдельных параметров. Геологические разрезы на всех рисунках, касающиеся Комсомольского рудного поля, приведены по данным Комсомольской геофизической партии ДВТГУ, а по Северомуйскому тоннелю – по данным ПГО «Бурятгеология».

2. Исследование динамики геофизических полей на рудных объектах Комсомольского рудного района

Исследования ставили основной целью экспериментальное изучение закономерностей поведения аномальной суточной динамики естественных электрического и магнитного полей в зависимости от геологического строения изучаемых объектов.

Для исследований были выбраны оловорудные месторождения Комсомольского рудного района Дальнего Востока, имеющие важное народнохозяйственное значение.

Месторождения отличаются геологическим строением, структурой, составом и морфологией рудных тел, что позволяет оценить зависимость параметров динамики физических полей от этих факторов.

Исследования проведены на рудных зонах «Ленинградская», «Лучистая», «Майская», «Верхняя», «Соболиная», «Ветвистая». Оказалось, что эффекты динамики естественных электрического и магнитного полей на зонах, казалось бы, сходных по геологическому строению, проявляются аномалиями разной интенсивности, либо вообще не проявляются. Поэтому результаты исследований изложены в определенной последовательности: вначале рассмотрены зоны, на которых эффекты динамики проявлены наиболее ярко, затем примеры весьма слабого их проявления, либо отсутствия вовсе.

Геологическое строение Комсомольского рудного района подробно описано в работах Е.А. Радкевич [17], С.В.Григоряна [20], Л.Г.Мишина и др. [18]. Поэтому ниже дана лишь краткая его характеристика, а более подробно рассмотрено геологическое строение рудных объектов, на которых проводились исследования.

2.1. Краткая характеристика геологического строения Комсомольского рудного района

Комсомольский рудный район расположен на сочленении Баджальского антиклинория, сложенного палеозойскими толщами, и Горинского синклинория, выполненного терригенными отложениями нижней, средней и верхней юры, смятыми в складки северо-восточного или близмеридионального направления и перекрытыми нижнемеловыми осадочно-вулканогенными толщами и покровами верхнемеловых вулканитов.

Рудный район располагается на пересечении региональных разломов, играющих важную роль в ограничении рудоносной площади, в локализации интрузивов и покровов вулканических пород, а также оловоносных кварц-турмалиновых зон. Наиболее четко проявлены – близширотный, северо-восточный, северо-западный, близмеридиональный разломы, природа которых различна.

Пространственная позиция Комсомольского рудного района определяет основу его *двухъярусного геологического строения*. Нижний структурно-литологический ярус сложен геосинклинальными терригенными отложениями юрского возраста при незначительном участии диабазов и габбро-диабазов. Верхний ярус, с резким несогласием, перекрывает юрские отложения и представлен осадочно-вулканогенными породами мелового возраста, сформировавшимися в субплатформенных условиях. Образования юры и мела прорваны многочисленными позднемеловыми малыми интрузиями гранитоидов. Самыми молодыми образованиями района являются покровы неогеновых базальтов, а также рыхлые четвертичные отложения.

В районе проявлен магматизм юрского, мелового и кайнозойского возрастов.

Наблюдаемая в настоящее время тектоническая структура района сформирована в процессе позднемеловой тектономагматической активизации. Решающее значение в ее формировании принадлежит разломам, определившим

расчленение района на крупные блоки. Разломы эти в основном выражены как пояса локальных тектонических разрывов и подчеркиваются цепочками массивов интрузивных пород и полей эффузивов. По классификации Е.А.Радкевич [17] Комсомольский рудный район относится к типу наложенных прогибов с вулканитами. Он имеет четкие геологические границы и по геолого-структурным особенностям делиться на центральное сводовое поднятие грабен синклинали и Амутскую мульду.

В структурном отношении рудные месторождения Комсомольского района по Е.А.Радкевич и др. [17] являются проявлением меридиональных тектонических зон, совпадающих грубо с меридиональным же направлением складок в юрских породах над скрытым меридиональным глубинным разломом. Последний, является основным рудоподводящим каналом, вдоль которого наиболее отчетливо проявлены рудоконтролирующие разрывы, представляющие собой выдержанные турмалиновые зоны, прослеживающиеся на много километров по простиранию.

В минерализованных зонах над основным рудоподводящим каналом в результате полного замещения исходных пород кварц-турмалиновых агрегатов образовались мощные пласты кварцевых турмалинитов. В стороне от основного рудоподводящего канала возникли чехлы бокового изменения – кварц-серицитового (в кислых породах) или пропилитового (в породах среднего и основного состава). Наибольшую ширину эти чехлы имеют в зонах трещиноватости в гетерогенных (зернистых) породах типа диоритов и песчаников. В плотных алевролитах или туфах ширина зон развития боковых фаций метасоматитов незначительна. В процессе обновления движений приоткрывались те же трещины, параллельные общему простиранию зон. В них отлагались прожилки и жилы кварца с касситеритом. Вслед за ними, в последующих стадиях приоткрывания, образовывались кварц-сульфидные (колчеданные) жилы с обильным пирротином или халькопиритом. На поздних этапах обновления трещин отлагались кварц-карбонатные или карбонатные жилы с полиметаллическим оруденением (галенит, сфалерит, сульфоантимониты свинца). Характерно, что все

эти наложенные минеральные образования обычно не выходят за пределы зоны кварцевых турмалинитов, и лишь в месторождениях, залегающих среди верхнемеловых андезитов, распространяются и в окружающий пропилитовый чехол.

Отчетливость меридиональных рудоконтролирующих разрывов вверх по разрезу слабеет, и в позднемеловых вулканитах амутской свиты, особенно выше маркирующего горизонта туфов кварцевых порфиров, происходит расщепление разломов на серии мелких трещин в широких полосах трещиноватости. Это позволяет говорить о структурной зональности, определяющей изменения морфологии тел по восстанию с переходом их в верхние горизонты вулканических покровов.

В плане всего района отмечается горизонтальная зональность с проявлением наиболее высокотемпературных типов минерализации в Юго-Западной площади, вблизи Чалбинского гранитного массива (грейзены, кварц-полевошпатовые жилы). Широкое развитие касситерит-силикатной минерализации турмалинового типа характерно для юрских отложений Центральной и Северо-Западной площадей. На Юго-Восточной и Северной площадях она переходит в касситерит-силикат-сульфидную минерализацию там, где жильные тела по восстанию переходят из юрских осадочных пород в меловые осадочно-вулканогенные и вулканогенные. В самых верхних частях здесь проявляется в основном медная и полиметаллическая минерализации. На крайнем северном фланге встречаются низкотемпературные сурьмяно-ртутные проявления.

Минерализованные зоны, являющиеся рудными телами большинства оловорудных месторождений Комсомольского района, локализованные в пределах тектонических зон трещиноватости и дробления, имеют протяженность от первых сотен метров до десятка километров, крутое падение, мощность от первых метров до десятков метров.

В составе минерализованных зон установлено более пятидесяти гипогенных минералов, однако главные минералы сравнительно немногочисленны и, в общем, однотипны для различных зон. Хотя в деталях, особенно по количест-

венному распространению минералов поздних стадий, отличаются между собой.

В зависимости от количественного соотношения рудных минералов некоторые авторы [72] выделяют следующие основные типы руд: малосульфидные оловянные, медно-оловянные, оловянно-свинцово-цинковые, полиметаллические.

Полностью окисленные руды встречаются на глубинах до 10 м, а частично окисленные – до первых десятков, иногда сотен метров. Е.А.Радкевич и др. [17] выделяют следующие минеральные ассоциации, связанные постепенными переходами, отражающие стадии процесса минерализации:

1) кварц-турмалиновая ранняя с фациями боковых серицititов и пропилитов;

2) касситерит-кварцевая с вольфрамитом, шеелитом, арсенопиритом;

3) кварц-сульфидная;

4) кварц-карбонатно-сульфидная;

5) кальцит пиритовая с флюоритом (послерудная).

В отношении олова имеет интерес вторая стадия.

В таблице 2 приведена распространенность минералов Комсомольского района.

Таблица 2. **Распространенность минералов Комсомольского рудного района по Е.А. Радкевич и др. [17]**

Главные	Подчиненные	Редкие
Рудные		
Касситерит Арсенопирит Халькопирит Сфалерит	Вольфрамит Буланжерит Бурнонит Мельниковит	Джемсонит Блеклая руда Магнетит Висмут самородный

Продолжение табл. 2

Галенит Пирротин Пирит Марказит Киноварь	Станнин Шеелит Метациннабарит (гвадалкацарит) Валлериит	Висмутин Айкинит Кобальтин Кубанит Валлериит
Нерудные		
Кварц Турмалин Серицит Хлорит Каолинит Карбонаты (сидерит, анкерит, олигонит)	Флюарит Аксинит Кальцит Эпидот Клиноцоизит Альбит Биотит Ортоклаз	Апатит Цеолит Цоизит Брукит Анатаз Сфен Рутил Циркон
Гипергенные		
Лимонит Гидрогетит Хальцедон Каолинит Малахит Азурит	Халькантит Ковеллин Халькозин Медь самородная Церуссит Англезит Куприт	Борнит Брошантит Скородит Хлоантит

Руды кварц-касситеритовой и кварц-сульфидной ассоциаций несут признаки изменения и превращения минералов после их отложения. Эти превращения, например станнина в касситерит и халькопирит, наиболее широко проявлены в верхних частях минерализованных зон, которые, по мнению Е.А.Радкевич и др. [17], формировались в условиях колебания кислородного режима.

Нужно отметить, что количественная роль и особенности состава минералов кварц-касситеритовой ассоциации меняются не только в разных рудных зонах, но и в пределах каждой из них. Проявление повторных генераций минералов еще более усложняет их взаимоотношения.

Главными рудоконтролирующими факторами в Комсомольском рудном районе являются структурно-литологические, определяющие расположение рудных тел, их размеры и качество руд.

По мнению большинства исследователей, существенную роль в распределении оруденения по вертикали играет контактовая поверхность несогласия меловых эффузивных и эффузивно-осадочных пород с юрскими песчано-алевролитовыми толщами. Кроме этого установлены две аномальные области сосредоточения оруденения на расстоянии 600-700 м выше и ниже указанной поверхности несогласия.

Помимо поверхности структурного несогласия существенную роль в локализации оруденения играют тектонические разрывы, в особенности области их пересечения. Кроме этого, многими исследователями подчеркивается влияние складчатых структур на локализацию оруденения. Наибольшее значение в этом отношении имеют складки, образованные юрскими породами. Участки разрывов, проходящие через осевые части антиклинальных складок и области флексурных перегибов, чаще всего несут промышленное оруденение. При этом в лучшем положении оказываются минерализованные зоны дробления, простирания которых близки к ориентировке осей пересекаемых складок. В среднем угол встречи промышленных оловорудных зон с осями юрских складок составляет 18°, а непромышленных – 27°.

Литологический контроль в размещении оловорудных месторождений Комсомольского района также имеет большое значение. Особенности размещения минерализованных зон, их строение, состав во многом обусловлены проницаемостью, анизотропностью вмещающих пород и, прежде всего, их слоистостью, пористостью и трещиноватостью. Так, к примеру, в анизотропных флишоидах юры чаще возникают более богатые оловорудные тела, чем в однородных по физическим свойствам массивных песчаниках силинской свиты. В Комсомольском рудном районе почти все рудоносные зоны дробления располагаются под углом, меньшим 45°, к слоистости юрских пород, а наиболее крупные из них – под углом 0...20°.

В стратиграфическом разрезе рудного района оловорудные тела залегают во флешоидах юры, в роговиках (пористость уничтожена метаморфизмом или сведена им до минимума), пелитовых, алевролитовых рудах и в плотных кварцевых порфирах, порфиритах и их лавах. В слабо литифицированных рудах верхних частей разреза амутской свиты, а также в гравелитах, конгломератов и других крупнозернистых породах оловорудные тела встречаются реже, что возможно, объясняется различной эффективной пористостью пород.

Примеры разведанных в Комсомольском районе оловоносных минерализованных зон дробления показывают, что выклинивание их на глубине происходит за счет расщепления на множество мелких разрывных структур и рассеивания их.

2.2. Результаты исследований динамики естественного электрического и магнитного полей на оловорудных объектах

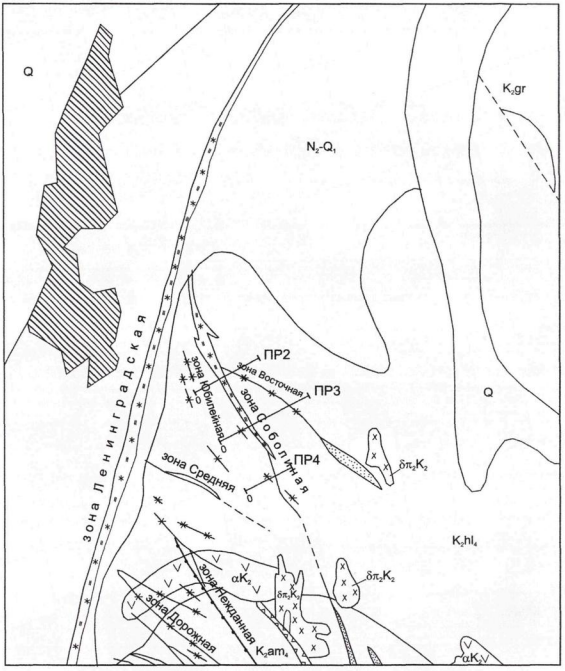
2.2.1. Зона «Соболиная»

На зоне «Соболиная» проведен наибольший объем исследований.

Площадь, вмещающая зону «Соболиная», имеет характерное геологическое строение (рис. 2.1). Сверху – вниз это четвертичные отложения (галечники, пески, глины, суглинки); верхнемеловые осадочно-вулканогенные и вулканогенные образования, представленные холдаминской свитой (туфы кварцевых порфиритов, туфоконгломераты и туфопесчаники, туфогравелиты); юрские отложения (алевролиты и тонкозернистые песчаники).

Минерализованная рудоносная зона «Соболиная» приурочена к разрывным нарушениям, имеющим северо-западное (330°) простирание и крутое западное (70-98°) падение. Вместе с серией параллельных ей минерализованных зон она пересекается с северо-запада мощной надвиговой структурой «Ленинградская», которая является на этой площади самым крупным тектоническим нарушением. Вертикальная амплитуда его смещения достигает 500 м, азимут простирания изменяется от 215…230° на юге до 35…45° на севере.

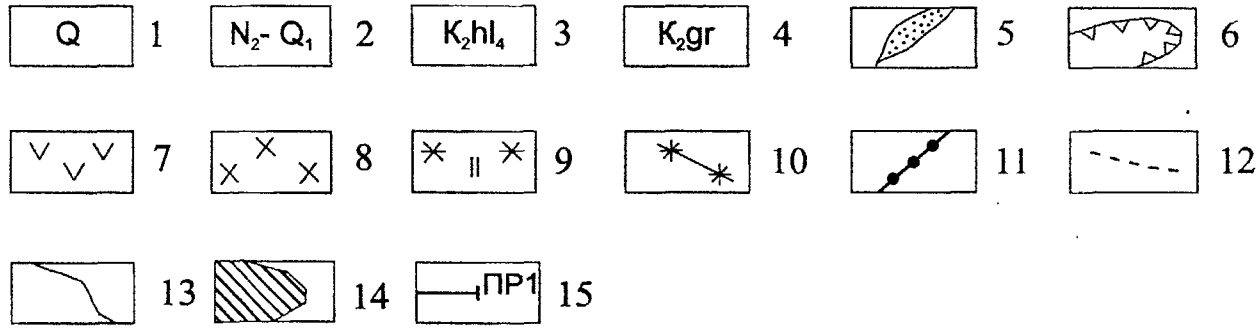
М 1:10000



Условные обозначения смотреть на стр. 41.

Рис. 2.1 Геологическая схема площади, вмещающей зоны «Соболиная» и «Ленинградская» (по Асмановой В.Я., Теретенко Н.Л.)

Условные обозначения к рис. 2.1



1 – четвертичные отложения (галечники, пески, глины, суглинки); 2 - неоген-четвертичные отложения; 3 - верхнемеловые осадочно-вулканогенные и вулканогенные образования, представленные холдаминской свитой (туфы кварцевых порфиритов, туфоконгломераты и туфопесчаники, туфогравелиты); 4 – горинская свита (песчаники и др.); 5 - минерализованные зоны кварц-серицитового состава; 6 - зоны пропилитовых образований; 7 - андезиты; 8 – туфы кварцевых порфиритов; 9 – кварц-турмалиновые образования; 10 - окварцованные минерализованные зоны; 11 - предположительно пропилитовые минерализованные зоны; 12 – предполагаемые разрывные нарушения; 13 - границы между возрастными образованиями; 14 – контур продуктивного оруденения зоны «Ленинградская»; 15 - профили исследований.

Проявление магматизма на площади Соболиного рудного поля выразилось развитием экструзивно-субвулканических тел, группирующихся вдоль зон разломов, а также располагающихся вдоль северной окраины Хурмулинской вулканоплутонической структуры. Здесь же распространены интрузивные тела, сложенные преимущественно диоритовыми и кварцевыми порфиритами.

Оловорудное тело сложено в средней части кварц-турмалиновыми породами с прожилками и линзами гребенчатого кварца. Далее, до контакта с вмещающей средой, распространены кварц-серицитовые метасоматиты или пропилиты. Характерной особенностью здесь является небольшая доля кварца в этих образованиях. Другая особенность – сконцентрированность рудного тела в висячем боку сместителя. Мощность оруденения выдержанная, от 10 до 20 м, распространение на глубину - сотни метров.

Минеральный состав рудного тела, как и всей минерализованной зоны, достаточно разнообразен. Он включает 28 рудных и главных минералов. Из рудных минералов выделяются: касситерит, халькопирит, галенит, сфалерит. Они образуют прожилковые и гнездовые скопления, в которых преобладает халькопирит. Из нерудных минералов наиболее распространены турмалин, кварц, серицит, карбонаты.

Характерными особенностями минерализации являются ее многостадийность, широкое развитие кварц-карбонатной минерализации, большой объем (до 15%) рудоносной глины.

В целом руда относиться к турмалин-сульфидному типу касситерит-силикатной формации.

По данным спектрального анализа кроме олова руды обогащены свинцом, цинком и медью.

Исследования проведены по трем профилям, пересекающим северо-западную часть рудной зоны.

Одновременно с изучением суточной динамики ЕП и МП проводились суточные наблюдения за внешними физическими воздействиями, выраженными в суточных колебаниях температуры воздуха и его влажности, температуры

приповерхностного слоя земли (почвы), атмосферного давления, геомагнитного и электрического полей.

Внешние физические воздействия измерялись в пределах зоны «Соболиная» на дневной поверхности, вне и над рудным телом, в шурфе и скважине.

Суточные колебания температуры воздуха и его относительная влажность определялись психрометром метеорологическим в области шурфа и скважины. Суточные колебания температуры почвы определялись электротермометрами типа АМ-29-А на профилях наблюдения.

Вариации атмосферного давления регистрировались барометром БАММ-1 в районе шурфа.

Суточные вариации геомагнитного поля регистрировались магнитометром ММП-203, измерялись на КП в пределах рудного поля через каждые 0.5 часа одновременно с другими внешними физическими воздействиями.

Графики изменения параметров внешних метеорологических воздействий приведены на рис.2.2.

На зоне «Соболиная» ранее проводились геофизические работы Комсомольской геофизической партии ГРЭ ПГО «Дальгеология» комплексом традиционных геофизических методов в масштабе 1:10000 и подземные работы.

На рис. 2.3-2.5 приведены характерные результаты этих работ на горизонте +220 м.

Как видно на рисунках, отдельным интервалам рудных зон соответствуют аномалии ЕП до 50-100 мВ и небольшие по амплитуде аномалии кажущейся поляризуемости. На плане $\rho_к$, какой-либо закономерности в приуроченности зон к породам повышенного или пониженного сопротивления не наблюдается.

Рассмотрим результаты динамических исследований. Они выполнялись по ПР 2, 3 и 4 длиной, соответственно, 180 м, 290 м, 170 м, расположенным на расстоянии 200 м друг от друга вдоль буровых профилей II, III, IV. Измерения по ПР 2 выполнялись 11-12.08., 13-14.08., 02-03.09.98 г.; по ПР 3 – 11-12.08., 13-14.08., 17-18.08.98 г.; по ПР 4 – 13-14.08.98 г.

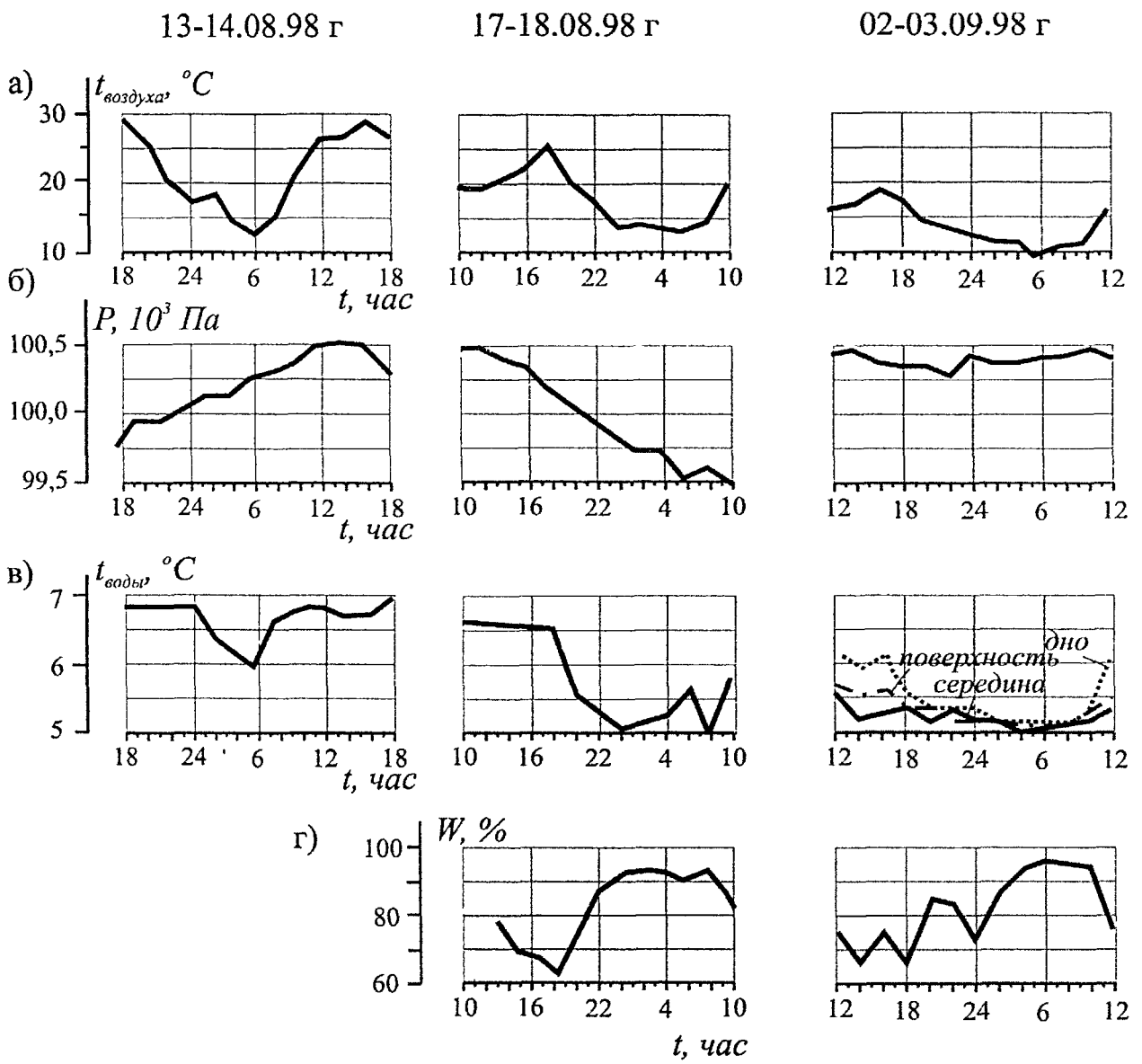


Рис. 2.2. Графики вариаций внешних физических воздействий, выраженных в температуре воздуха (а), атмосферном давлении (б), температуре воды (в), влажности воздуха (г), измеренных в ясную (13-14.08.98 г. и 17-18.08.98 г.) и грозовую (02-03.09.98 г.) погоду

М 1:2000

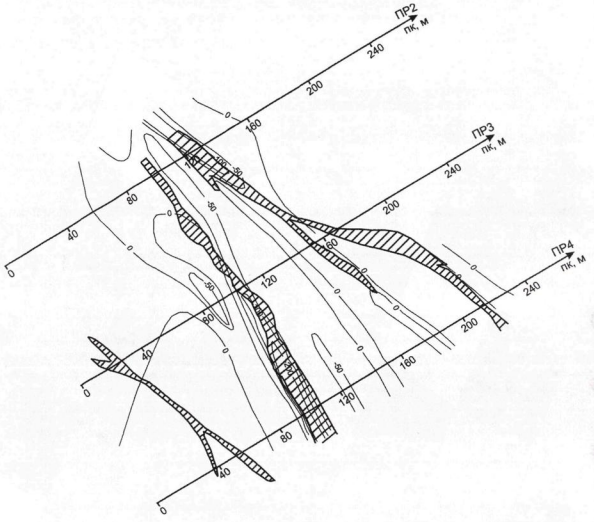


Рис. 2.3. План изолиний потенциала ЕП на горизонте +220 зоны «Соболиная» (по данным Комсомольской геофизической партии)

М 1:2000

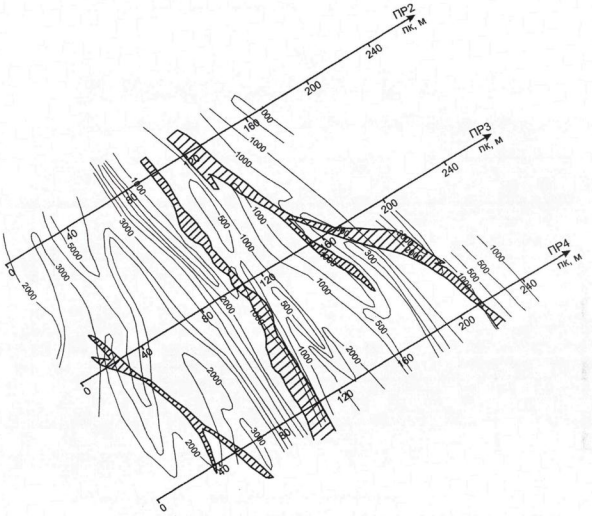


Рис. 2.4. План изолиний кажущегося сопротивления на горизонте +220 зоны «Соболиная» (по данным Комсомольской геофизической партии)

М 1:2000

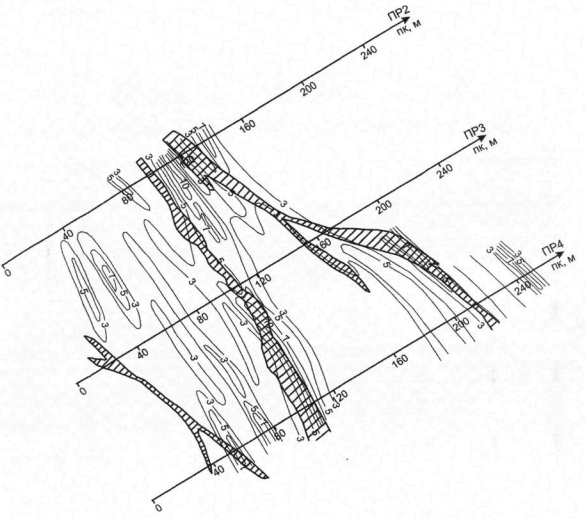


Рис. 2.5. План изолиний кажущейся поляризуемости на горизонте +220 зоны «Соболиная» (по данным Комсомольской геофизической партии)

На рис. 2.6 приведены примеры вариаций потенциала ЕП, измеренные в течение двух суток (11-12.08. и 13-14.08.98 г) в ясную погоду на профиле 2. Их анализ показывает, что практически на всех пикетах профиля в течение двух суток наблюдаются вариации ЕП, либо полностью совпадающие по форме и амплитуде (ПК 20-40, 100, 120, 130) либо отличающиеся по амплитуде, но близкие по форме (ПК 60, 80, 140, 180). Показатель суточной аномальной динамики на всех пикетах не превышает 20 мВ и только на ПК 0 11-12.08.98 г наблюдается увеличение амплитуды до 40 мВ. Вариация ЕП, измеренная на этом же пикете 13-14.08.98 г. не имеет резких отклонений, а показатель динамики не превышает 20 мВ. Форма вариаций лишь на некоторых пикетах (ПК 120, 130, 140) имеет выраженный квазисинусоидальный характер. На остальных - она близка к прямолинейным, аналогичным наблюдаемым Д.Л. Авгулевичем [21] вне аномалий ЕП (на фоне).

На рис. 2.7 приведены примеры вариаций потенциала ЕП, измеренные на этом же профиле 02-03.09.98 г. в период интенсивного возрастания атмосферного электричества, обусловленного наличием грозовых туч. На всем профиле характер вариаций на рисунках 2.6 - 2.7 практически не отличаются от фоновых. На ПК 105 (рис. 2.7), находящемся в эпицентре выхода на дневную поверхность левой ветви рудной зоны, вариация резко отличается от фоновых. Она носит выраженный квазисинусоидальный характер с амплитудой превышающий 150 мВ. Такие искажения вариаций, по-видимому, можно объяснить наличием здесь энергоактивного канала, обуславливающего резкие изменения величины потенциала ЕП в течение суток. В данном случае этот канал совпадает с левой ветвью рудной зоны. Обращает на себя внимание предельная локальность (точечность) этого канала. Искаженная вариация наблюдается только на ПК 105. В пяти метрах левее (ПК 100) и правее его (ПК 110) вариации имеют спокойный характер. Наблюдения, проведенные 11-12 и 13-14.08.98 г с шагом 10 м, на ПК 105 не проводились. Возможно, что аномальная точка оказалась «пропущенной». Следовательно, шаг наблюдений был выбран неверно. Для таких исследований он должен быть уменьшен до 5, а может быть и менее, метров.

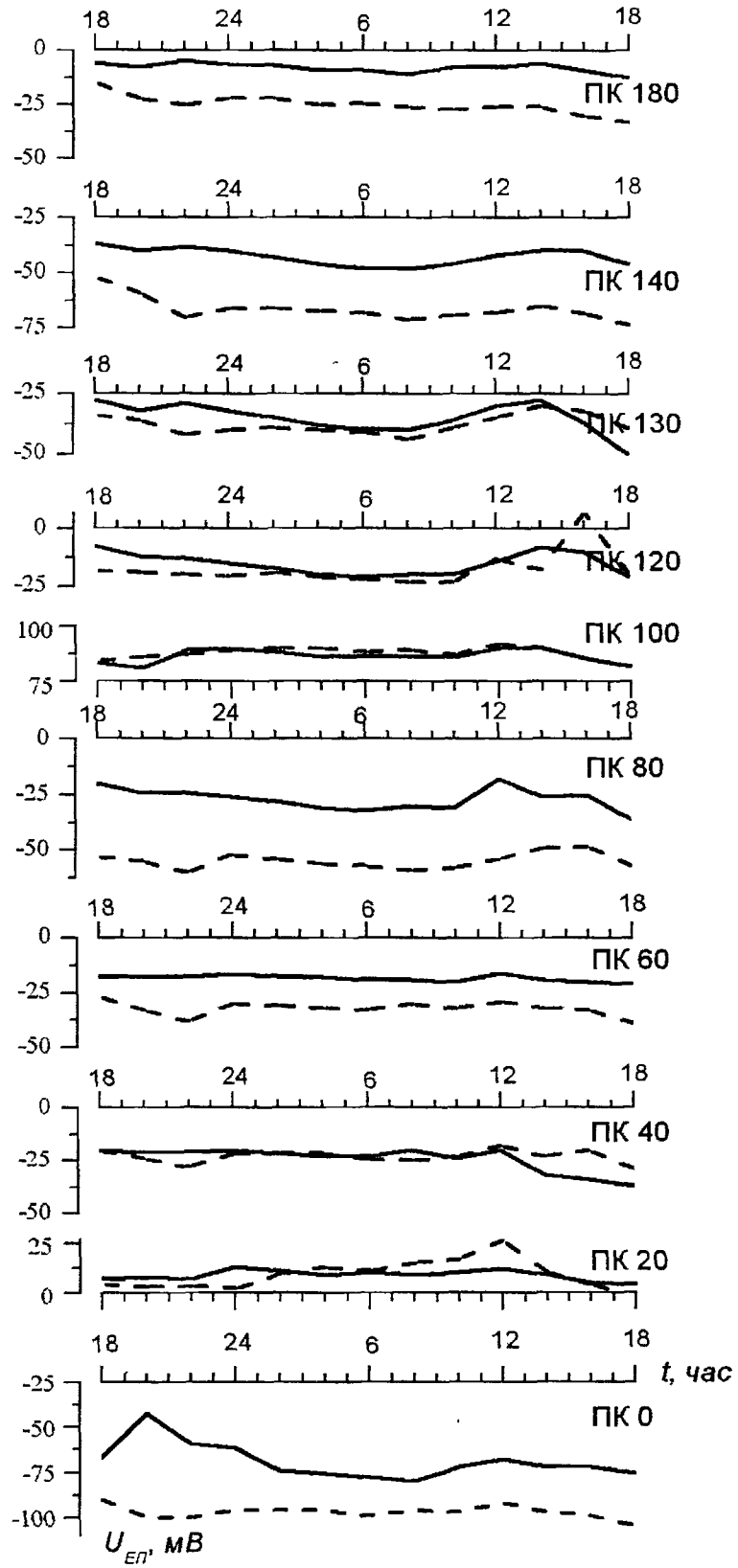


Рис.2.6. Графики зависимости $U_{ЕП}$ от времени t, ПР2 зоны «Соболиная», измерения в ясную погоду

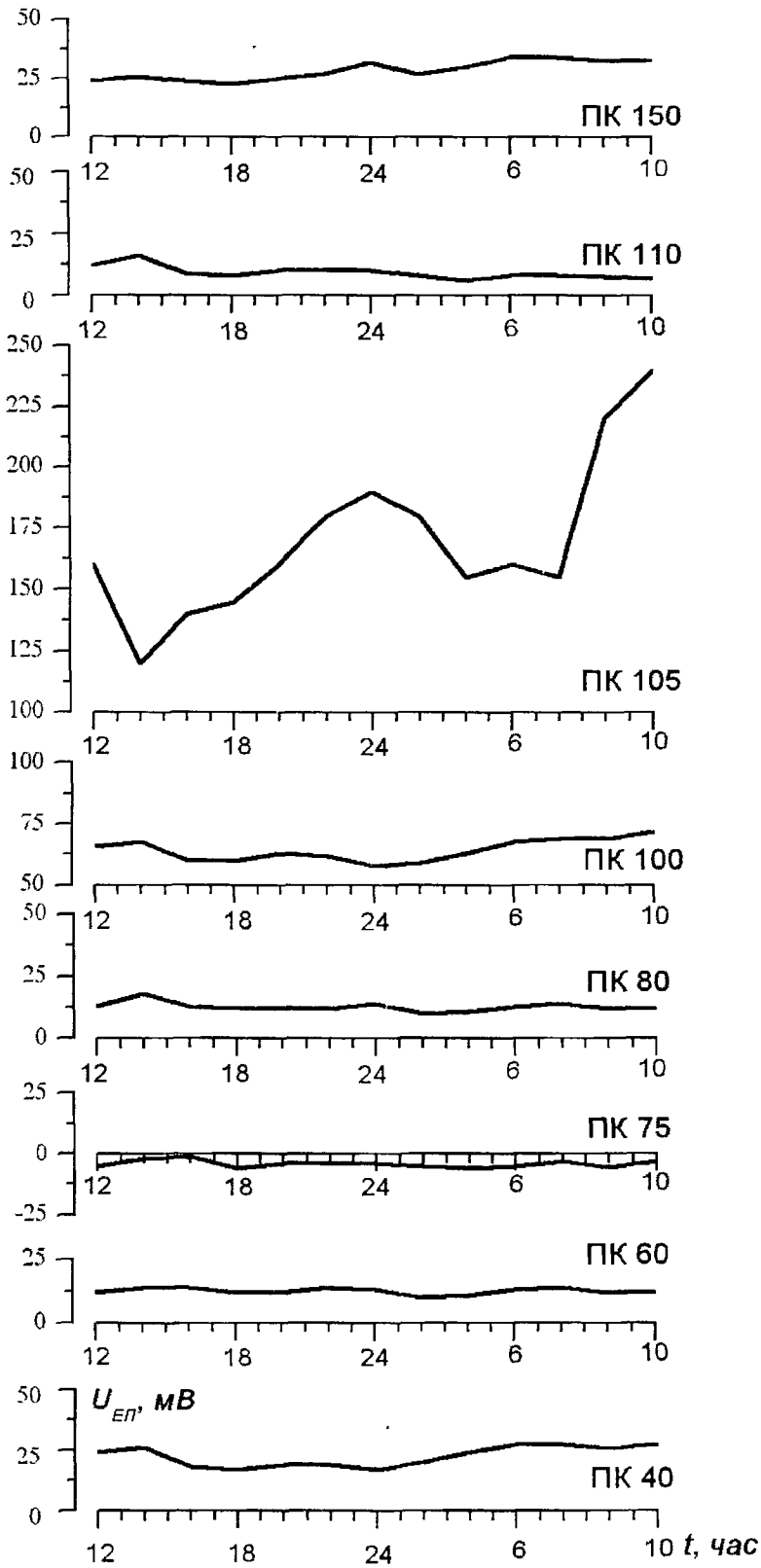


Рис.2.7. Графики зависимости $U_{ЕП}$ от времени t, ПР2 зоны «Соболиная», измерения в грозовую погоду

Сопоставление графиков вариаций внешних физических воздействий на рис. 2.2 с вариациями ЕП, измеренными в эти же сутки показывает, что между ними нет линейной связи (рис. 2.8, 2.9). Доверительный интервал для выборочного коэффициента корреляции, рассчитанный при доверительной вероятности $\gamma = 0,95$, равен ±0,54. Практически все коэффициенты корреляции укладываются в интервал от – 0,54 до +0,54. Это говорит о том, что гипотеза об отсутствии линейной корреляционной связи верна. Вариации температуры и давления в ясную погоду имеют выраженный квазисинусоидальный характер. Вариации ЕП близки к линейным. Такая же форма вариаций ЕП наблюдается в грозовую погоду на всех пикетах, кроме ПК 105. На этом пикете интенсивность ЕП увеличилась по сравнению с фоном на порядок, в то время как изменения температуры и давления в ясную погоду (13-14.08.98 г) менее выражены, чем в грозовую (рис. 2.2). По форме вариация ЕП резко отличается от вариаций температуры и давления. Следовательно, установленная Д.Л.Авгулевичем корреляционная связь вариаций ЕП с вариациями температуры в аномалии ЕП фильтрационной природы, над рудными объектами не наблюдается.

На рис. 2.10 представлены регрессионные поля с аппроксимирующими функциями первого порядка, рассчитанными по методу наименьших квадратов, между потенциалом ЕП, температурой воздуха и атмосферным давлением. При анализе этих графиков можно проследить некоторую зависимость: угловой коэффициент прямой линии (выборочный коэффициент регрессии) увеличивается с возрастанием амплитуды вариаций потенциала ЕП. В фоновых точках (ПК 60 и 160) угловой коэффициент близок к нулю.

На рис. 2.11 и 2.12 приведены графики параметров динамики ЕП, сопоставленные с геологическим разрезом по ПР 2, рассчитанные по результатам измерений в ясную (рис. 2.11) и грозовую (рис. 2.12) погоду. Как видно на рисунках, единственные четкие положительные аномалии всех параметров, в том числе и аномалия потенциала ЕП, пространственно увязываются с выходом на дневную поверхность левой ветви рудной зоны на ПК 105, представленной кварц-турмалиновыми метасоматитами. Причем они прослеживаются только на

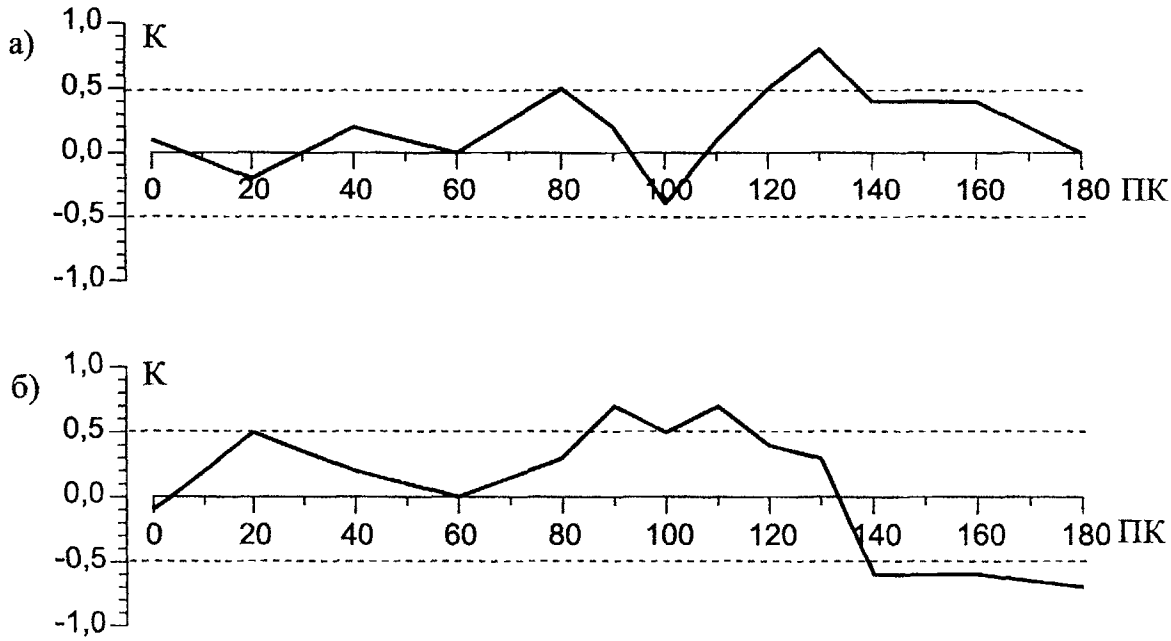


Рис. 2.8. Графики коэффициентов корреляции между вариациями потенциала ЕП и температуры воздуха (а) и атмосферного давления (б) по ПР2 зоны «Соболиная», измеренными в ясную погоду

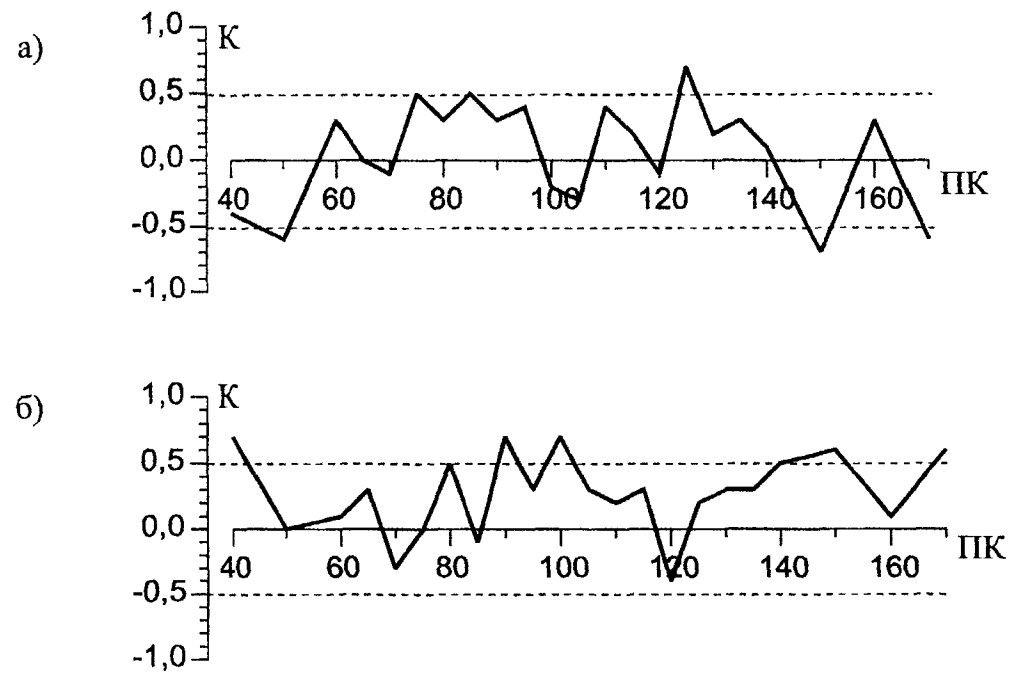


Рис. 2.9. Графики коэффициентов корреляции между вариациями потенциала ЕП и температуры воздуха (а) и атмосферного давления (б) по ПР2 зоны «Соболиная», измеренными в грозовую погоду

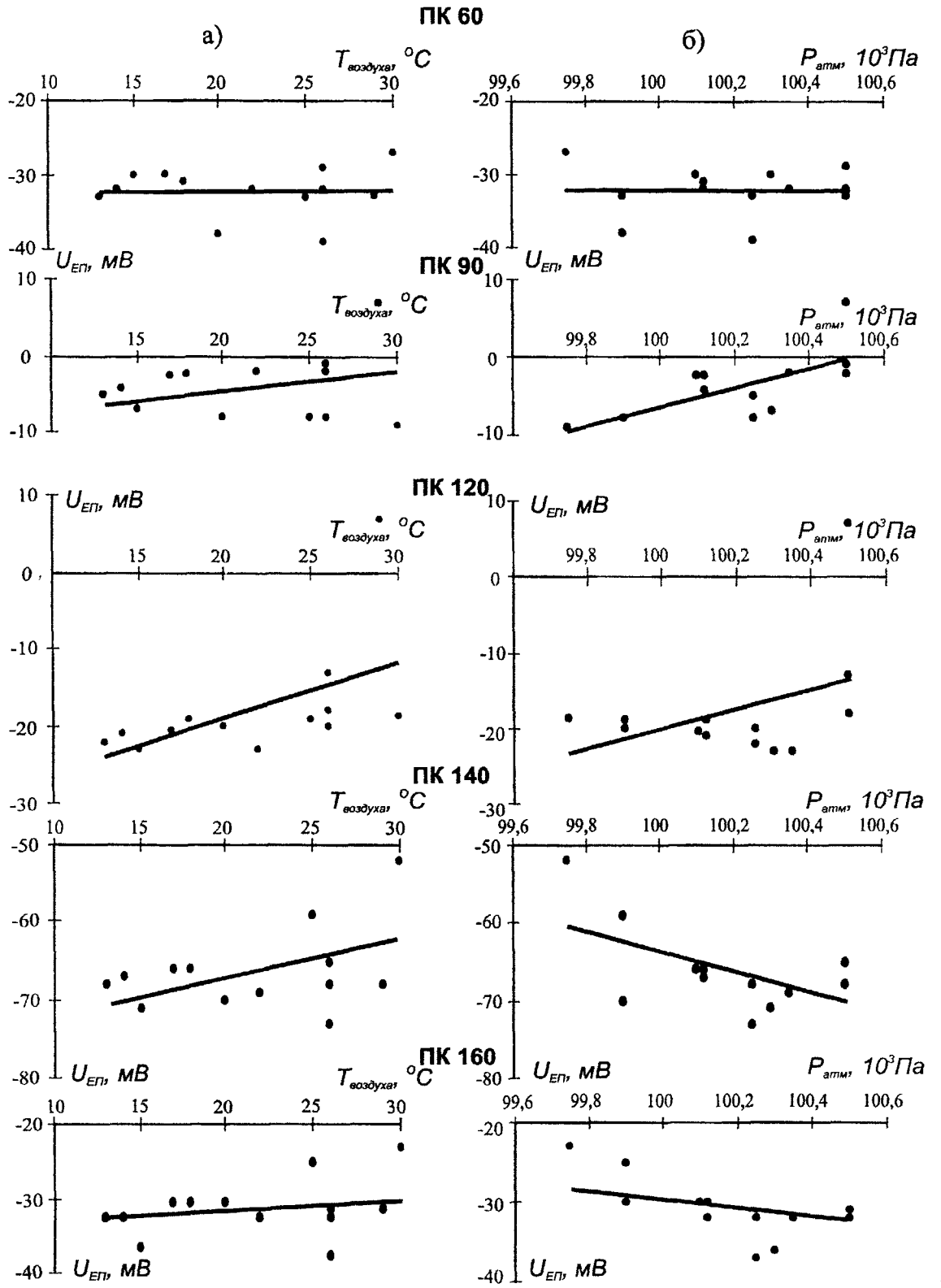
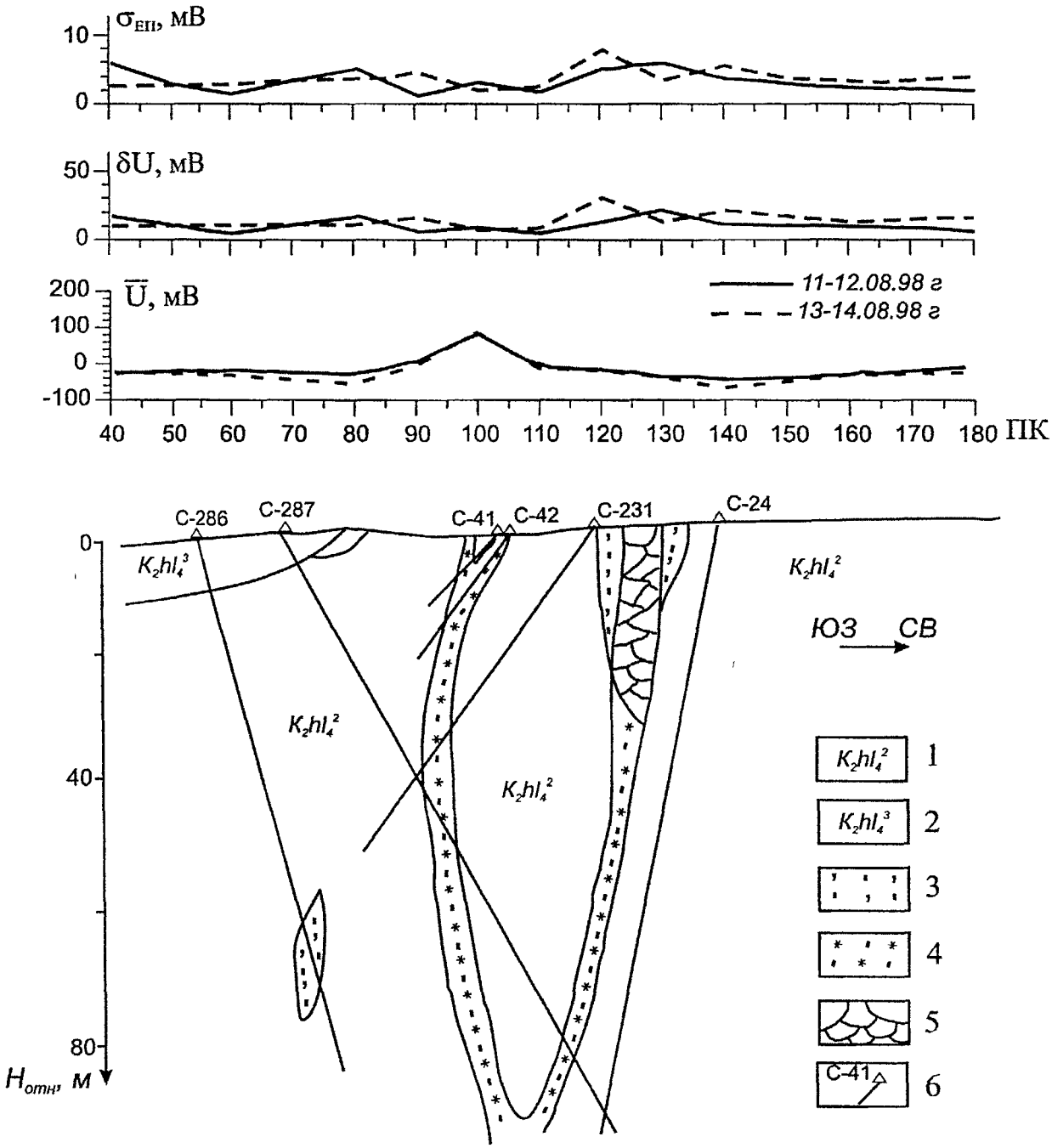
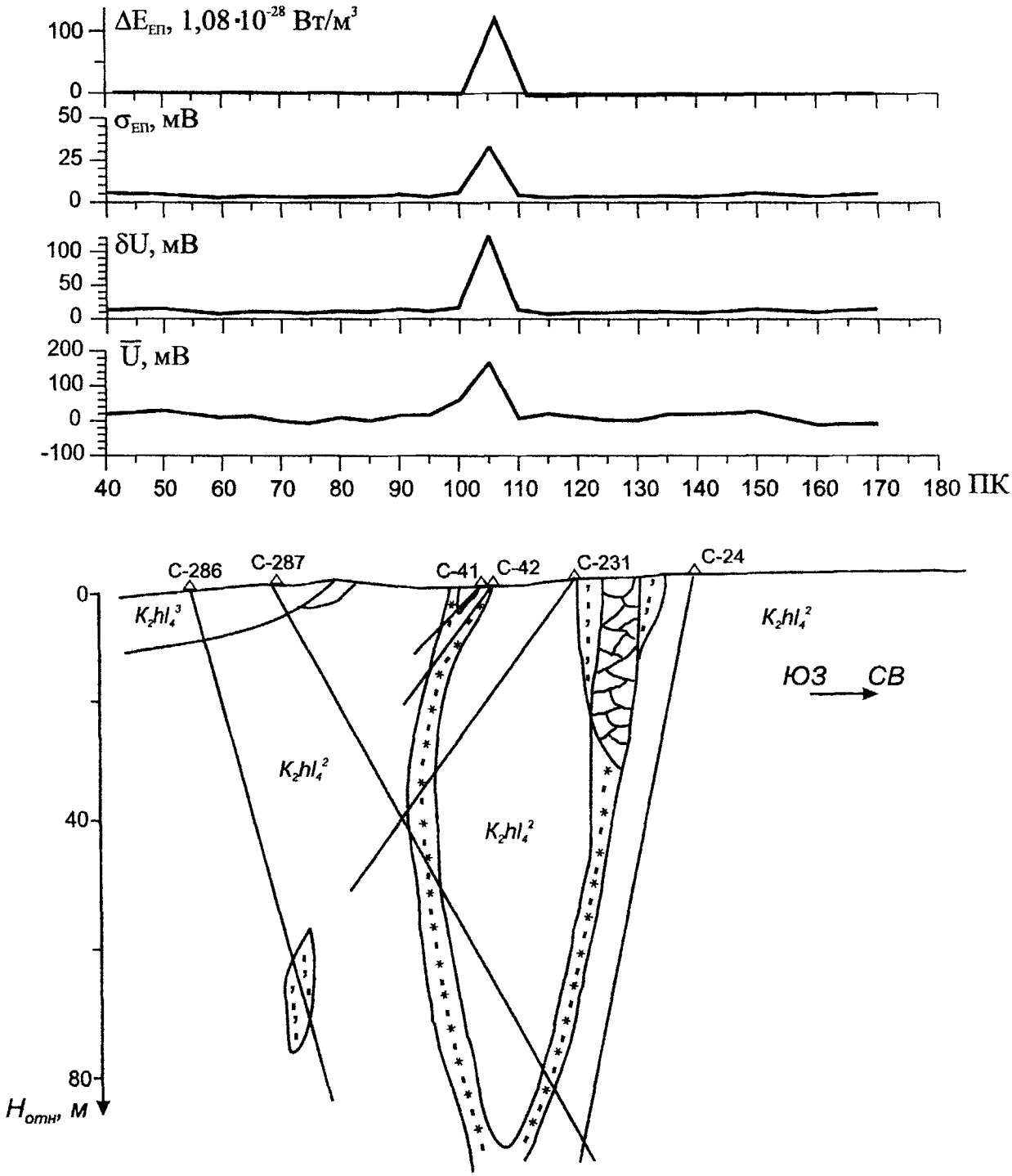


Рис. 2.10. Графики линейной регрессии, описывающие характер зависимости между потенциалом ЕП и температурой воздуха (а), потенциалом ЕП и атмосферным давлением (б), измеренные на ПР 2 зоны «Соболиная» (ПК 60, 90, 120,140, 160)



1 – конгломераты, туфоконгломераты;
2 – конгломераты, туфы липарито-дацитов и туфоконгломераты;
3 – кварц-серицитовые образования;
4 - кварц-турмалиновые образования;
5 - сильно выветрелые породы;
5 – скважина

Рис. 2.11. Графики параметров динамики ЕП по профилю 2 зоны «Соболиная», полученные в ясную погоду (Геологический разрез по данным Комсомольской партии)



Условные обозначения на рис. 2.11

Рис. 2.12. Графики параметров динамики ЕП по профилю 2 зоны «Соболиная», полученные в грозовую погоду (Геологический разрез по данным Комсомольской партии)

графиках полученных в грозовую погоду. Графики параметров динамики, полученные в ясную погоду, практически повторяют друг друга и не имеют выраженных аномалий. Здесь наблюдается меньшая по амплитуде аномалия потенциала ЕП смещенная на ПК 100. Над правой ветвью зоны, верхняя часть которой сложена сильно выветрелыми породами, аномалий не наблюдается, как не наблюдается и искажения формы вариаций потенциала ЕП. Этот факт очевидно еще раз подчеркивает близповерхностную природу как самих аномалий ЕП, так и аномалий параметров динамики ЕП.

На рис. 2.13 приводятся примеры вариаций магнитного поля (за вычетом вариаций на КП) по ПР 2, измеренные в ясную погоду в течение двух суток. На ПК 110 и 130 наблюдаются резкие нарушения регулярности вариаций в первые сутки в период с 16 до 18 часов местного времени. Как видно на рис. 2.11, ПК 110 расположен на правом контакте левой ветви рудной зоны с вмещающими породами, выходящей на поверхность, а ПК 130 на правом контакте выветрелых пород, перекрывающих вторую ветвь рудной зоны. На этом пикете наблюдается резкое нарушение вариаций в период с 10 до 11 часов во вторые сутки. Аналогичное нарушение вариации наблюдается на ПК 60. На геологическом разрезе, на этом пикете минерализованные зоны отсутствуют.

На рис. 2.2 видно, что в период с 13 по 14.08.98 г. не наблюдалось каких-либо резких нарушений регулярности квазисинусоидальных суточных вариаций температуры и давления. Следовательно, нарушения регулярности магнитных вариаций обусловлено какими-то другими причинами.

На рис. 2.14 приведены примеры вариаций магнитного поля на тех же пикетах профиля 2, измеренные в грозовую погоду. Вариации совершенно не похожи по форме на приведенные на рис. 2.13. Практически на всех пикетах они имеют выраженную квазисинусоидальную форму, которая заметно искажена лишь на ПК 65 (рис. 2.14). Но на ПК 100, 120 над рудной зоной амплитуда вариаций заметно выше. Вариации Т, так же не коррелируются с вариациями внешних атмосферных воздействий (рис. 2.2), о чем свидетельствуют графики коэффициентов корреляции, представленные на рис. 2.15 и 2.16. На рис. 2.17 и

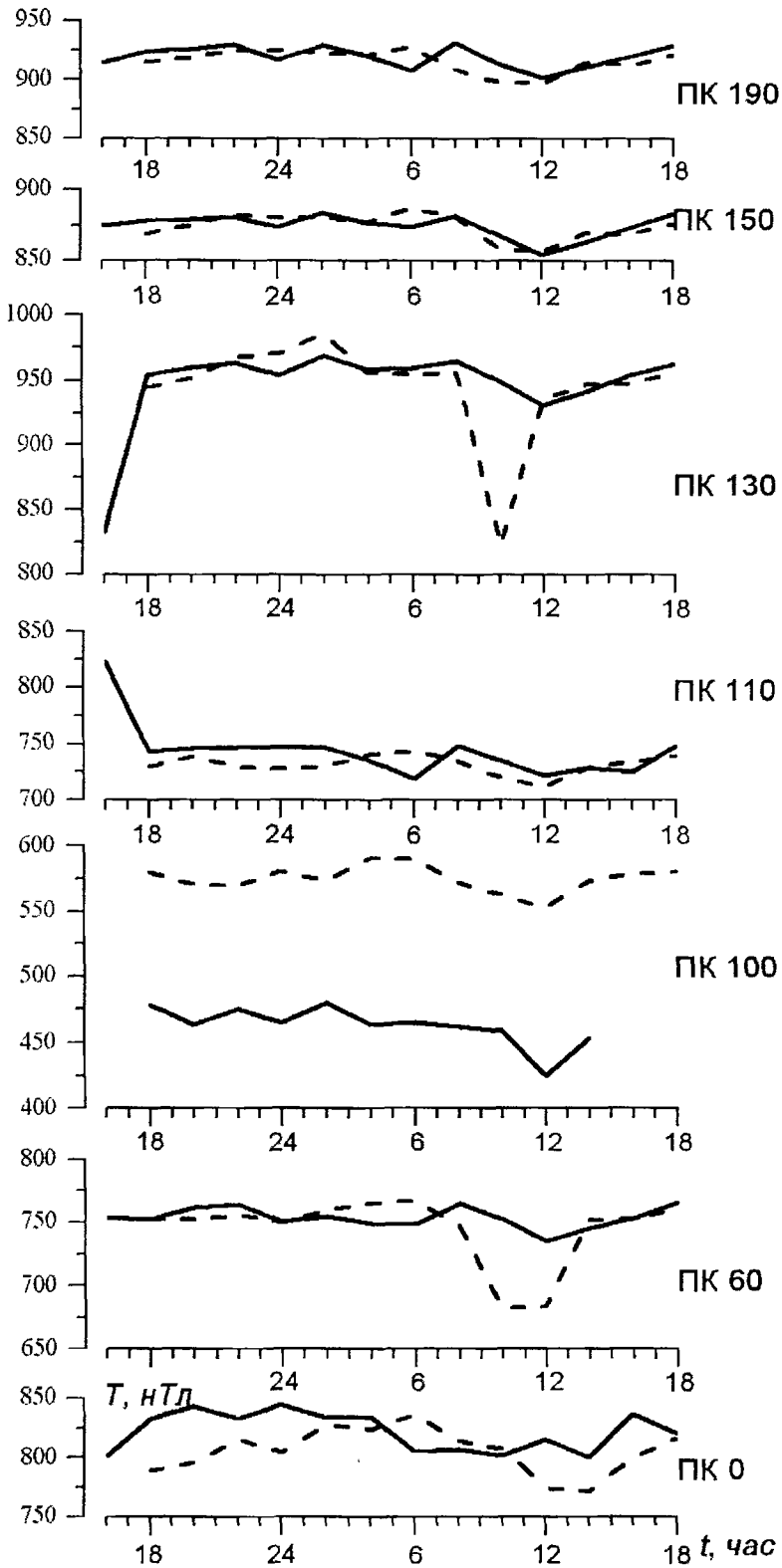


Рис.2.13. Графики зависимости Т от времени t, ПР2 зоны «Соболиная», измерения в ясную погоду

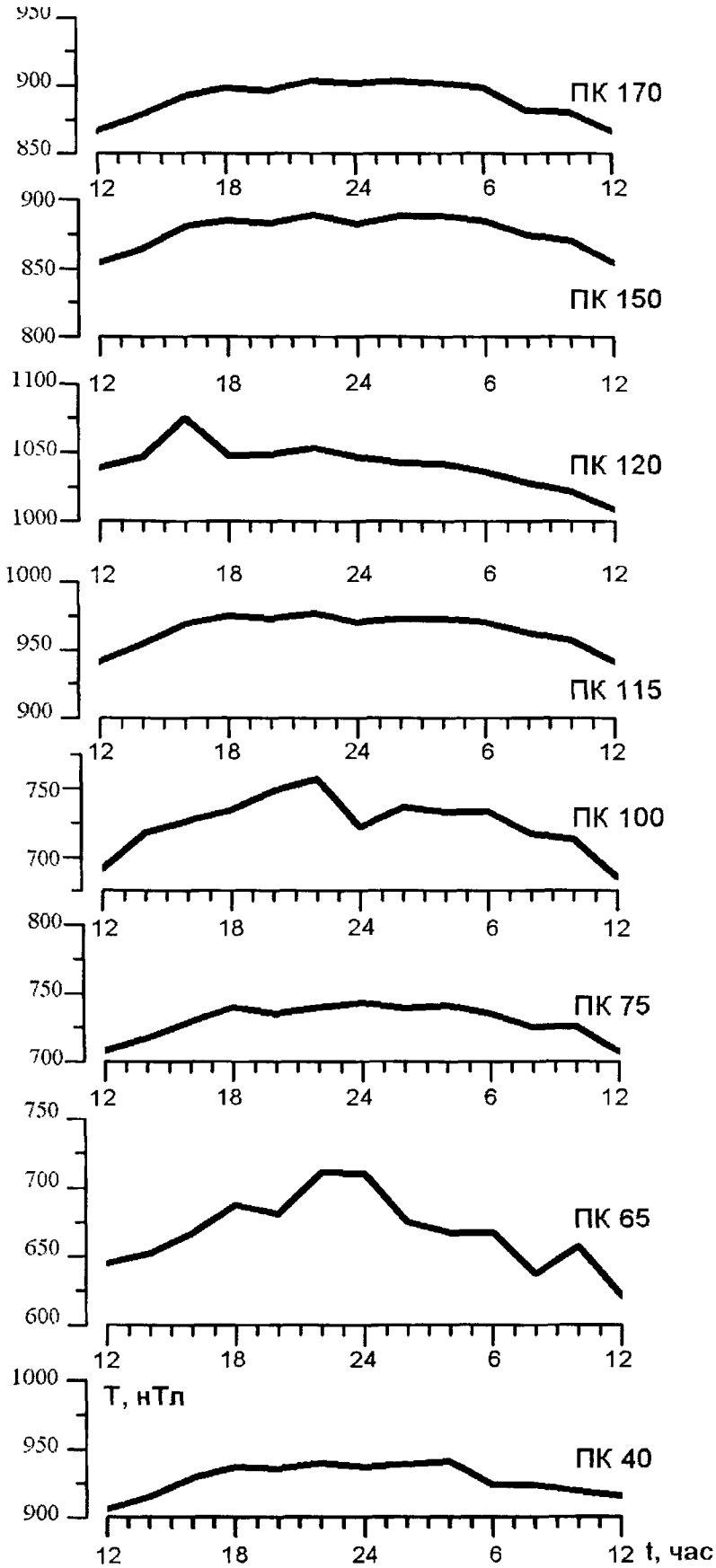


Рис.2.14. Графики зависимости Т от времени t, ПР2 зоны «Соболиная», измерения в грозовую погоду

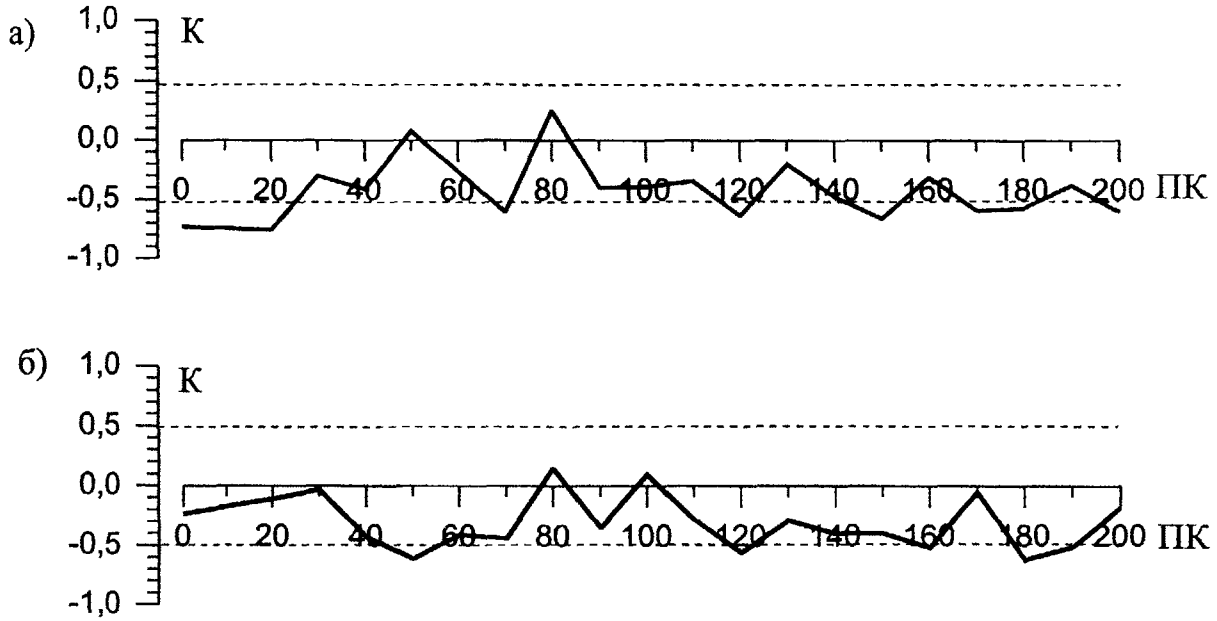


Рис. 2.15 Графики коэффициентов корреляции между вариациями магнитного поля и температуры воздуха (а) и атмосферного давления (б) по ПР2 зоны «Соболиная», измеренными в ясную погоду

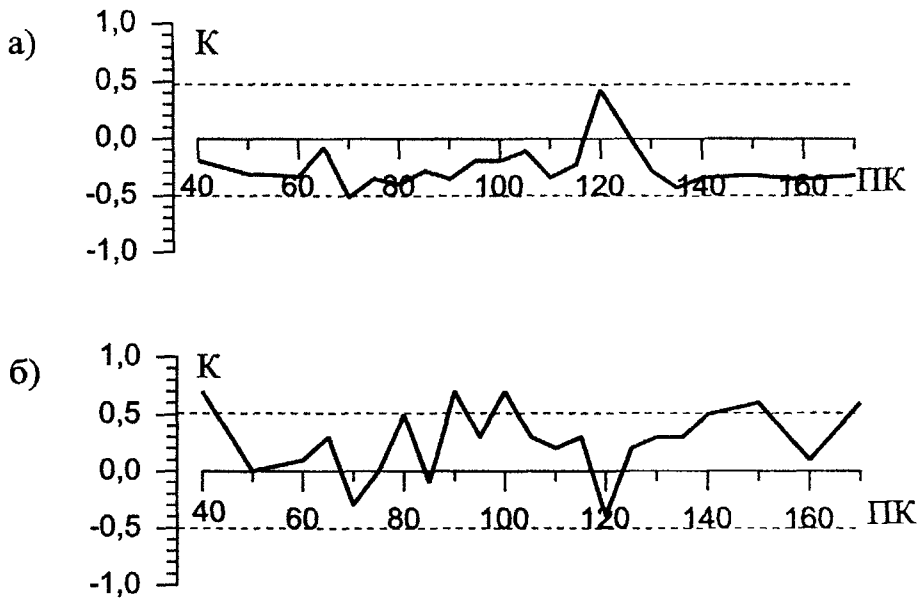


Рис. 2.16 Графики коэффициентов корреляции между вариациями магнитного поля и температуры воздуха (а) и атмосферного давления (б) по ПР2 зоны «Соболиная», измеренными в грозовую погоду

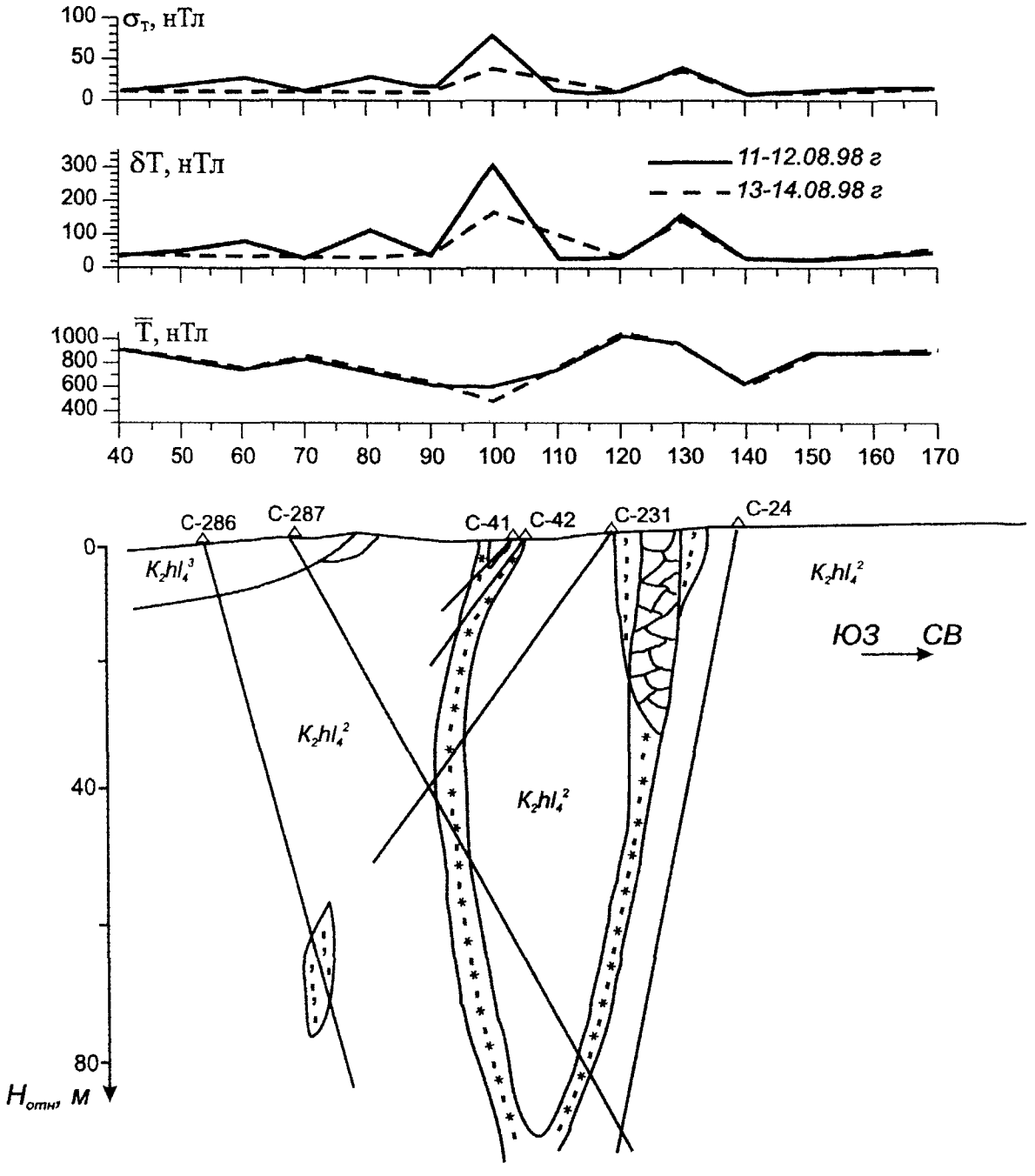
2.18 приводятся графики параметров динамики магнитного поля по ПР 2. Четкие положительные аномалии всех параметров динамики МП, измеренных в ясную погоду (рис. 2.17), приурочены к выходу на поверхность левой ветви рудной зоны на ПК 100 и меньшие по амплитуде аномалии над выветрелыми породами (ПК 130). Гораздо меньшие по амплитуде аномалии наблюдаются на графиках параметров динамики (рис. 2.18), полученных в грозовую погоду над рудным телом и выветрелыми породами (ПК 100, 120). Аномалия на ПК 65, объяснений на геологическом разрезе не имеет.

Таким образом, характерные искажения регулярности вариаций ЕП и МП и положительные аномалии параметров динамики вероятно можно считать признаками энергоактивных зон. В данном случае они однозначно увязываются с рудной зоной, выходящей к дневной поверхности. Рудная зона, перекрытая выветрелыми породами, аномалий параметров динамики естественного электрического поля не создает, хотя и обуславливает искажения регулярности вариаций и аномалии параметров динамики магнитного поля.

При повторных наблюдениях в разные сутки форма вариаций ЕП и МП воспроизводится на отдельных «фоновых» пикетах, и практически не воспроизводиться в аномальных точках. При этом в зависимости от погодных условий электрическое и магнитное поля в течение суток ведут себя по-разному.

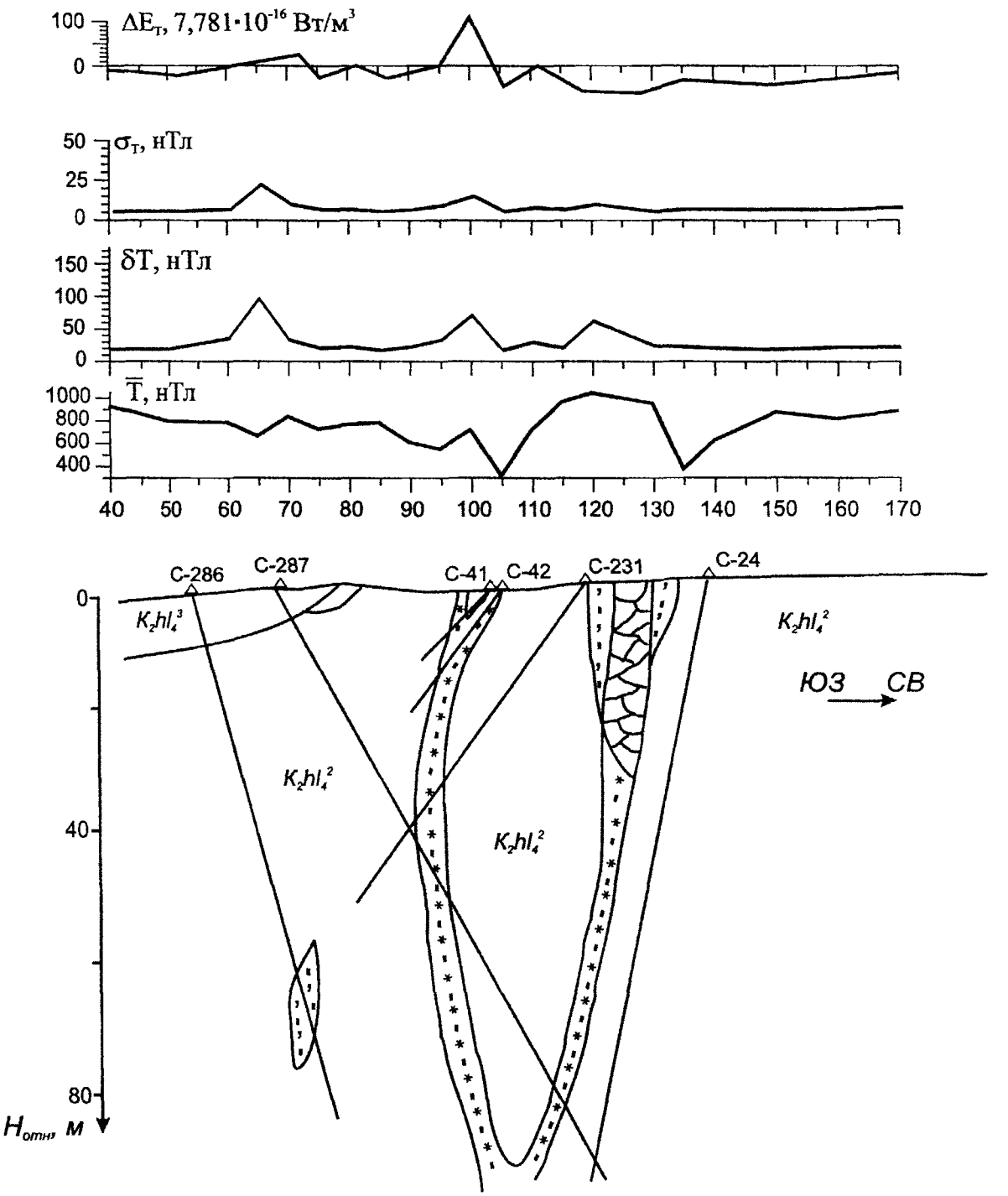
На ПР 2 зоны «Соболиная» в ясную спокойную погоду в течение двух суток наблюдаются фоновые вариации ЕП, в том числе и над рудными зонами. Аномальное искажение регулярности вариаций и аномалии параметров динамики ЕП наблюдаются в грозовую погоду только над рудной зоной, выходящей к дневной поверхности. Над зоной, перекрытой выветрелыми породами, аномальных искажений вариаций нет. Возможно, что в предыдущие сутки эта аномалия пропущена из-за большого шага наблюдений.

В магнитном поле, напротив, аномальные искажения регулярности вариаций в виде резких отклонений МП наблюдаются в ясную погоду над обеими рудными зонами. Кроме аномалий над рудными зонами, в отдельные сутки (в частности 02-03.09.98 г.) аномальное искажение вариаций МП наблюдается на



Условные обозначения на рис. 2.11

Рис. 2.17. Графики параметров динамики МП по профилю 2 зоны «Соболиная», полученные в ясную погоду
(Геологический разрез по данным Комсомольской партии)



Условные обозначения на рис. 2.11

Рис. 2.18. Графики параметров динамики МП по профилю 2 зоны «Соболиная», полученные в грозовую погоду (Геологический разрез по данным Комсомольской партии)

ПК 65, не находящее объяснения на геологическом разрезе. В грозовую погоду над рудными зонами на ПК 100, 120 наблюдается слабое аномальное повышение амплитуды вариаций (без резких ее искажений).

На рис. 2.19 приведены примеры вариаций потенциала ЕП, измеренные на ПР 3, проходящем в 200 м южнее ПР 2, в течение двух суток (11-12 и 13-14.08.98 г.). Резкое искажение регулярности вариаций, выразившееся в аномальном понижении потенциала ЕП, примерно на 50 мВ, в период с 20 до 22 ч., наблюдается лишь в одни, назовем их активными, сутки (11-12.08.98 г.), на ПК 100 и 110, находящихся над выходом к дневной поверхности основной рудной зоны и на ПК 0, смещенном на 10 м по падению от выхода на поверхность минерализованной зоны, выклинивающейся на глубине.

На ПК 90 меньшая по амплитуде вариация находится в противофазе с наблюденными на ПК 100 и 110. На этом пикете потенциал вырос примерно в то же время.

На рис. 2.20 приведены графики параметров динамики ЕП, сопоставленные с геологическим разрезом по ПР 3, полученные в разные сутки. На графиках средних значений потенциала ЕП, наблюдается слабая положительная аномалия над выходом минерализованной зоны к дневной поверхности (ПК 100, 110).

Аномалии параметров динамики ЕП, полученных в первые сутки, идентичны по форме и амплитуде и приурочены к выходу на поверхность основной рудной зоны, сложенной кварц-турмалиновыми метасоматитами. Слабая аномалия параметров наблюдается на ПК 0 над выходом еще одной, быстро выклинивающейся на глубине кварц-турмалиновой зоны. Аномалии несколько сдвинуты по падению зоны. Обращают на себя внимание два факта: ширина аномалии на ПК 100-110 соответствует мощности зоны в ее раздуве на глубине, а не на дневной поверхности; второй факт – аналогичные по составу минерализованные зоны на ПК 60 и 150 аномалиями обсуждаемых параметров не отметились. Как видно на разрезе, зона (ПК 150) на глубине приближена к основной зоне и, скорее всего, является его апофизой, имея единую корневую структуру.

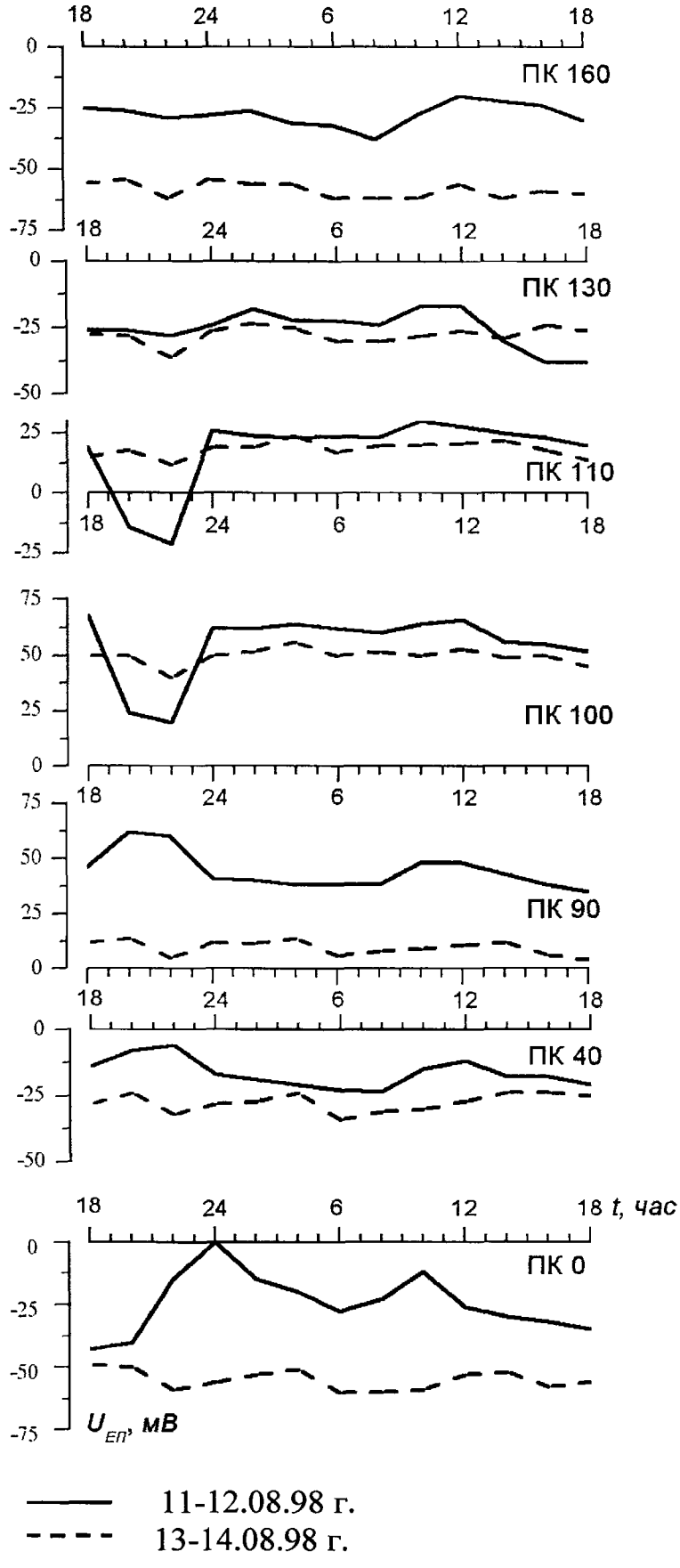
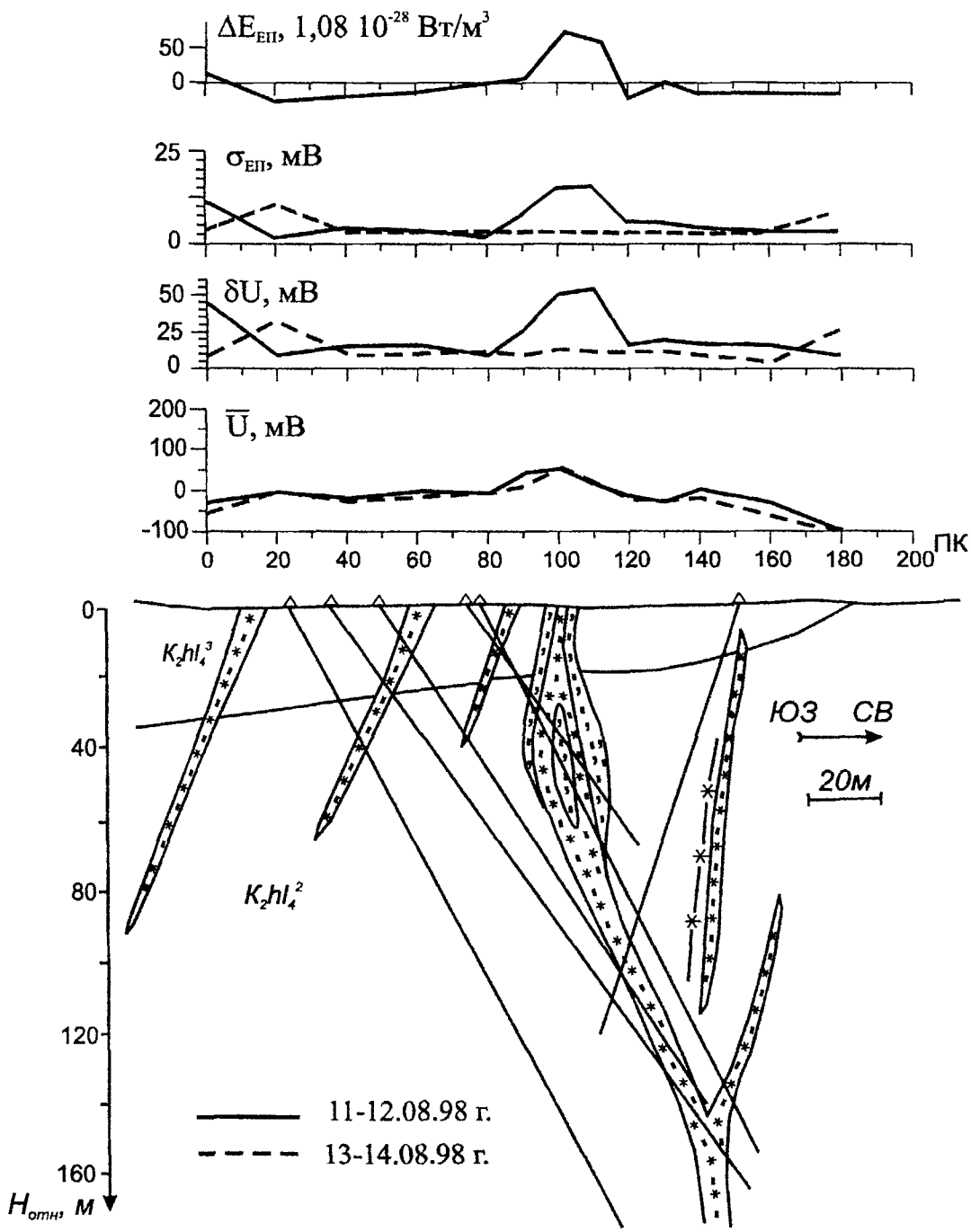


Рис.2.19. Графики зависимости $U_{ЕП}$ от времени t, ПРЗ зоны «Соболиная», измерения в ясную погоду



Условные обозначения на рис. 2.1 и 2.11

Рис. 2.20. Графики параметров динамики ЕП по профилю 3 зоны «Соболиная», полученные в ясную погоду (Геологический разрез по данным Комсомольской партии)

В следующие сутки на графиках параметров динамики ЕП δU и $\sigma_{ЕП}$ наблюдается единственная незначительная аномалия на ПК 20, приуроченная к правой границе кварц-турмалиновой рудной зоны, выклинивающейся на глубине.

Сопоставление графиков вариаций ЕП и внешних физических воздействий, измеренных 13-14.08.98 г., показывает отсутствие корреляции между ними. В эти сутки температура воздуха изменилась почти на 20 °С по квазисинусоидальному закону, атмосферное давление, закономерно возрастало, а вариации ЕП близки к линейным и не подчиняются каким-либо закономерностям.

На рис. 2.21 приведены, полученные в разные сутки на ПР 3, примеры вариаций магнитного поля. Их анализ показывает поразительное разнообразие в проявлении динамики магнитного поля в разные сутки на одном и том же профиле.

Как видно на рисунке, наиболее яркое и резкое отличие формы вариаций от фоновых с максимальным показателем динамики наблюдалось в течение двух суток на ПК 60 над маломощной зоной кварц-турмалиновых метасоматитов. Нарушение регулярности вариаций находится в противофазе. В одни сутки магнитное поле резко уменьшается в 20 часов, в другие сутки в это же время возросло. Судя по геологическому разрезу, зона не прослежена на глубину, о чем свидетельствует отсутствие скважин и горных выработок.

На ПК 20 и 30 наблюдаются нарушения регулярности вариаций в одни сутки и отсутствуют в другие. На ПК 20 амплитуда МП увеличилась более чем на 100 нТл в период с 4 до 8 часов, а на ПК 30 примерно в это же время она уменьшилась на 100 нТл. На геологическом разрезе (рис. 2.23) эта аномалия ничем не подтверждена. Интересным является факт, что над основной рудной зоной (ПК 100 и 110) в эти сутки вариации имеют «фоновый» характер, не отличаясь от вариаций на остальных точках профиля.

На рис. 2.22 приведены графики зависимости магнитного поля от времени (за вычетом вариаций на КП) измеренного в период 17-18.08.98 г. Бросаются в глаза аномальные нарушения регулярности вариаций на двух пикетах – ПК

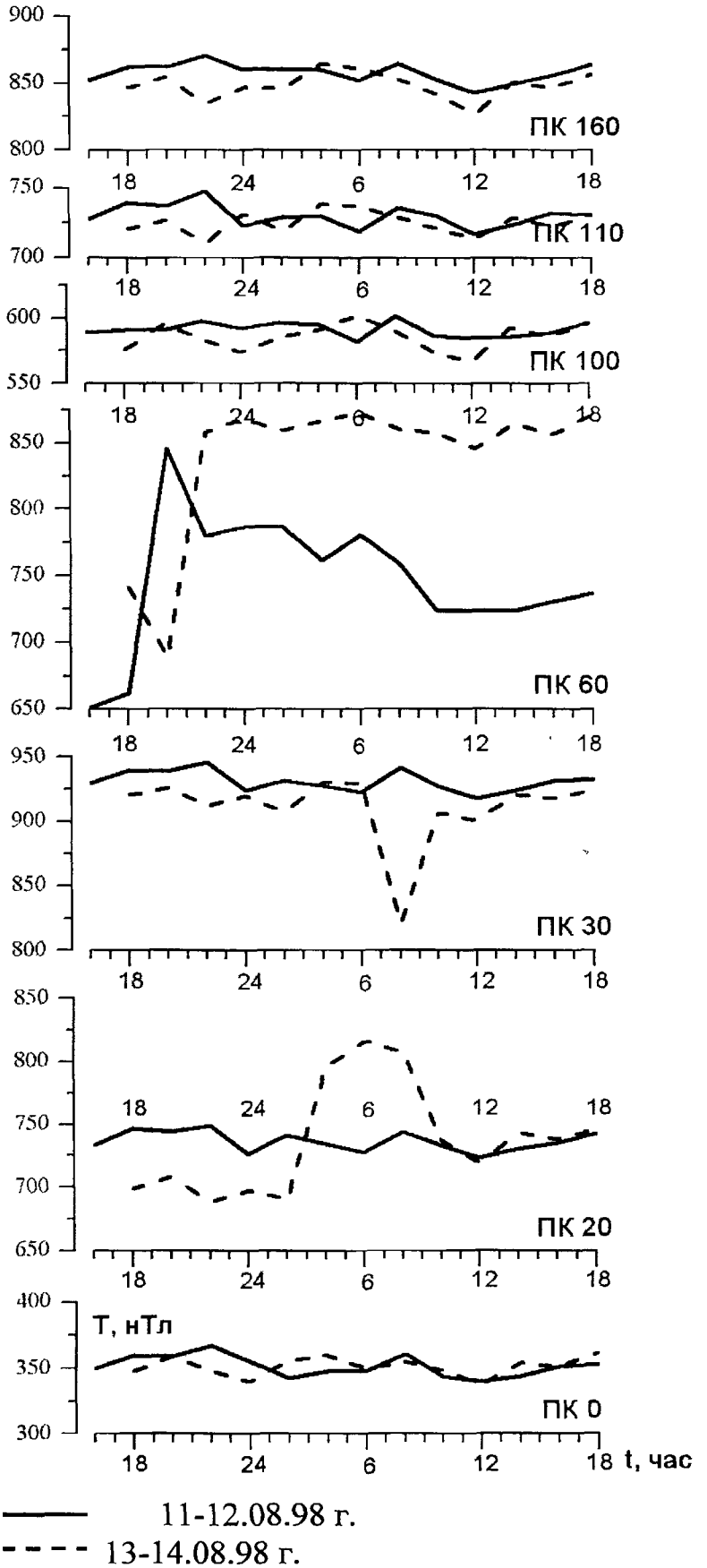


Рис.2.21. Графики зависимости T от времени t, ПРЗ зоны «Соболиная», измерения в ясную погоду

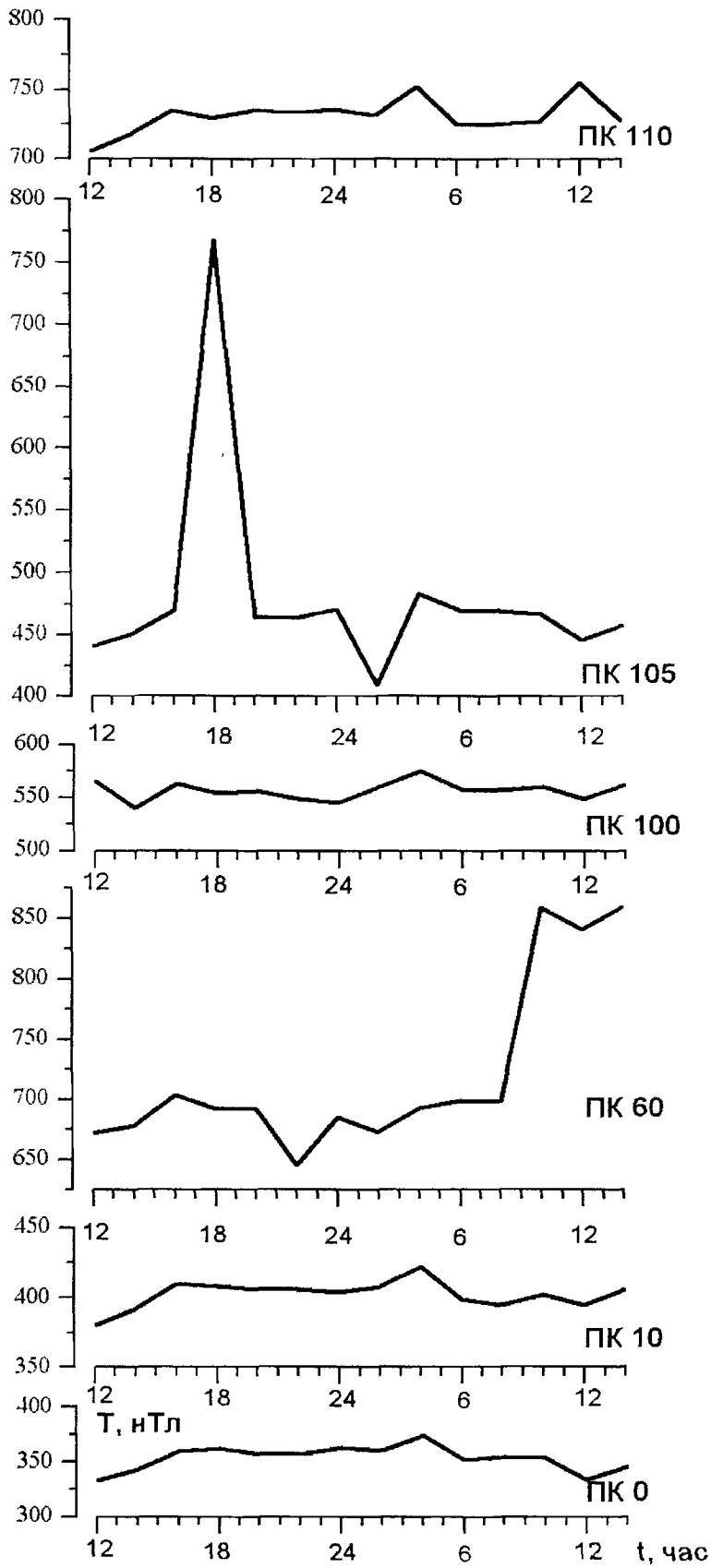
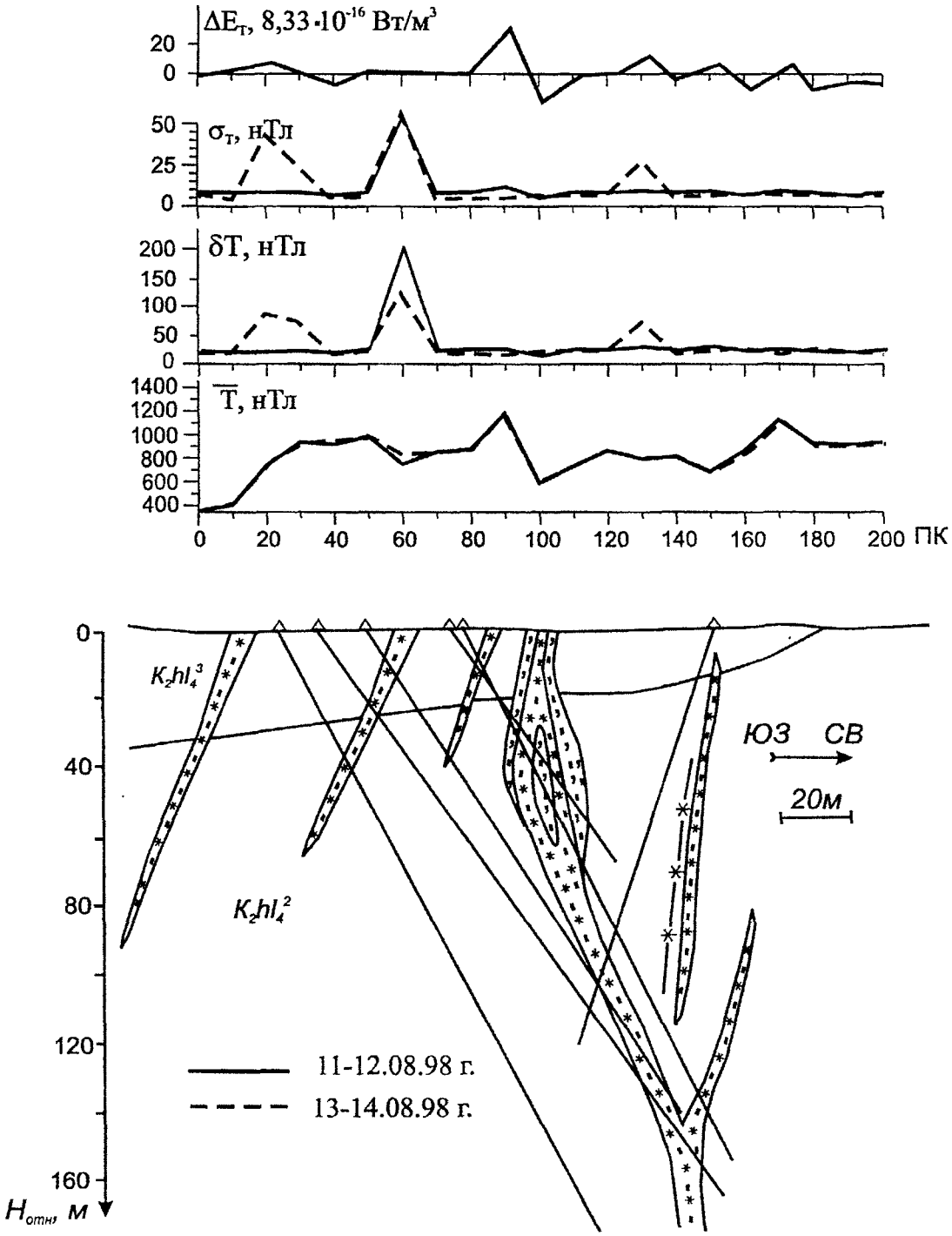


Рис.2.22. Графики зависимости Т от времени t, ПРЗ зоны «Соболиная», измерения в ясную погоду



Условные обозначения на рис. 2.1 и 2.11

Рис. 2.23. Графики параметров динамики МП по профилю 3 зоны «Соболиная», полученные в ясную погоду

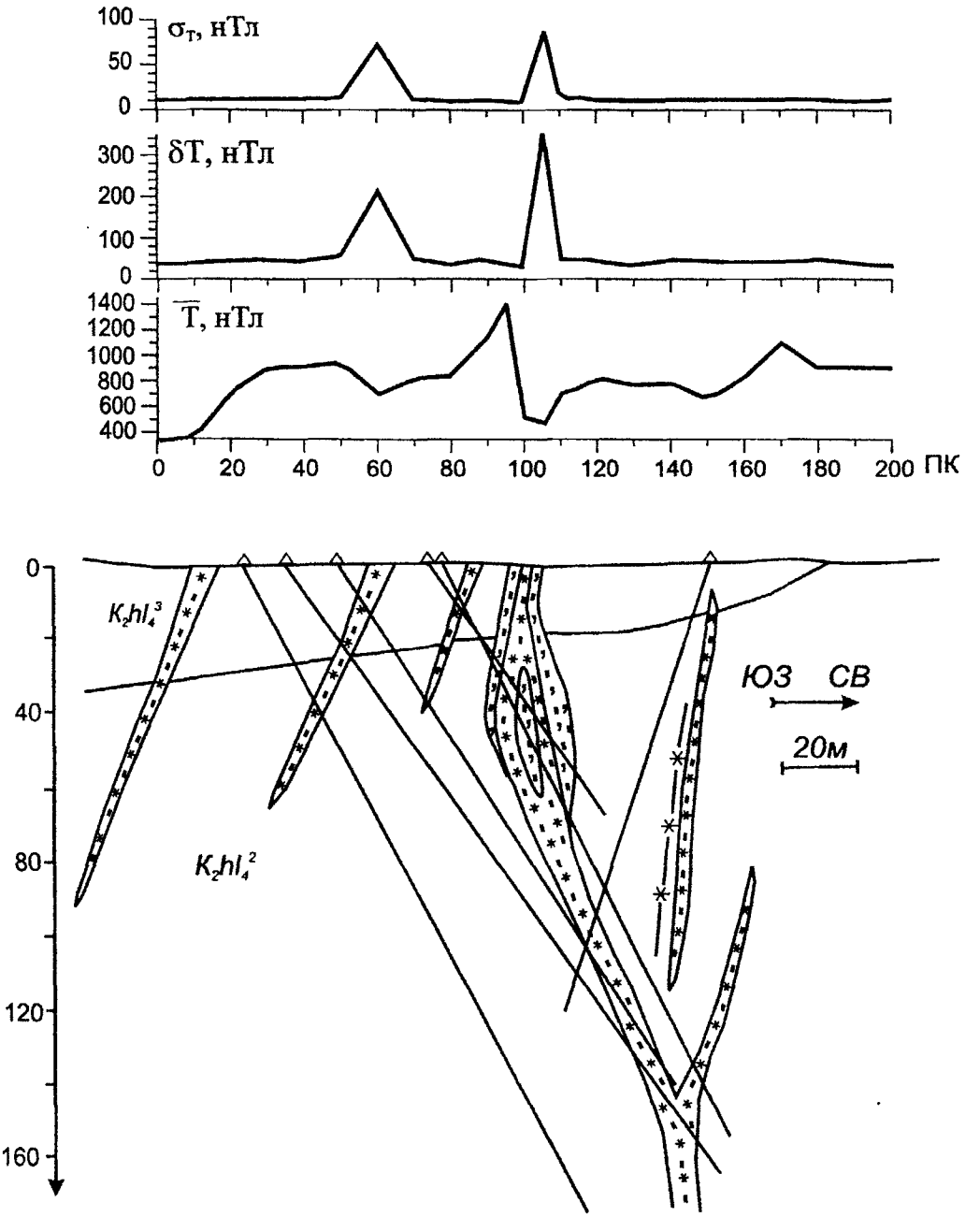
(Геологический разрез по данным Комсомольской партии)

60 и 105. Аномалия на ПК 60 наблюдалась и при предыдущих измерениях (11-12.08. и 13-14.08.98 г.), хотя по форме вариации совершенно отличаются. Аномалия на ПК 105 наблюдается непосредственно над выходом на дневную поверхность основной рудной зоны. Как видно на рис. 2.22 на ПК 100 и 110 вариации имеют типично фоновый характер. Такой же характер имеют вариации МП на ПК 100 и 110 при измерениях 11-12.08 и 13-14.08.98 г. В этот период измерения на ПК 105 не проводились. Следовательно, аномалия над основной рудной зоной может быть не зафиксирована в связи с большим шагом наблюдения по профилю. Этот факт еще раз указывает на весьма локальный характер энергоактивных зон, представленных даже мощными рудными телами, и необходимости сгущения шага наблюдений по профилю по крайней мере до 5 м. Графики параметров динамики, полученные по ПР 3 17-18.08.98 г., приведены на рис 2.24. Аномалии всех параметров наблюдаются над описанными выше зонами, в которых наблюдаются аномальные искажения вариаций МП.

Таким образом, на ПР 3 зоны «Соболиная» динамику естественного электрического поля можно считать малоинформативной. Лишь в одни сутки из трех над основной рудной зоной, сложенной кварц-турмалиновыми метасоматитами, наблюдается аномальное поведение вариаций ЕП и аномалии параметров динамики. Над остальными зонами того же состава наблюдаются фоновые вариации ЕП.

Динамика магнитного поля на ПР 3 более четко увязывается с геологическим разрезом. Практически над всеми рудными зонами, указанными на разрезе, в том числе и над основной, наблюдаются аномальные искажения суточных вариаций и аномалии параметров динамики МП. Характерно, что наиболее интенсивные аномалии наблюдаются над основной зоной и зоной расположенной на ПК 60. При этом подтверждается локальность энергоактивных зон, фиксируемых только при детальном (5 м) шаге исследований. Над основной зоной аномалия наблюдается только на ПК 105. Хотя мощность зоны составляет не менее 10 м.

На рис. 2.25 приведены графики вариаций потенциала ЕП во времени по



Условные обозначения на рис. 2.1 и 2.11

Рис. 2.24. Графики параметров динамики МП по профилю 3 зоны «Соболиная», полученные в ясную погоду (17-18.08.98 г.) (Геологический разрез по данным Комсомольской партии)

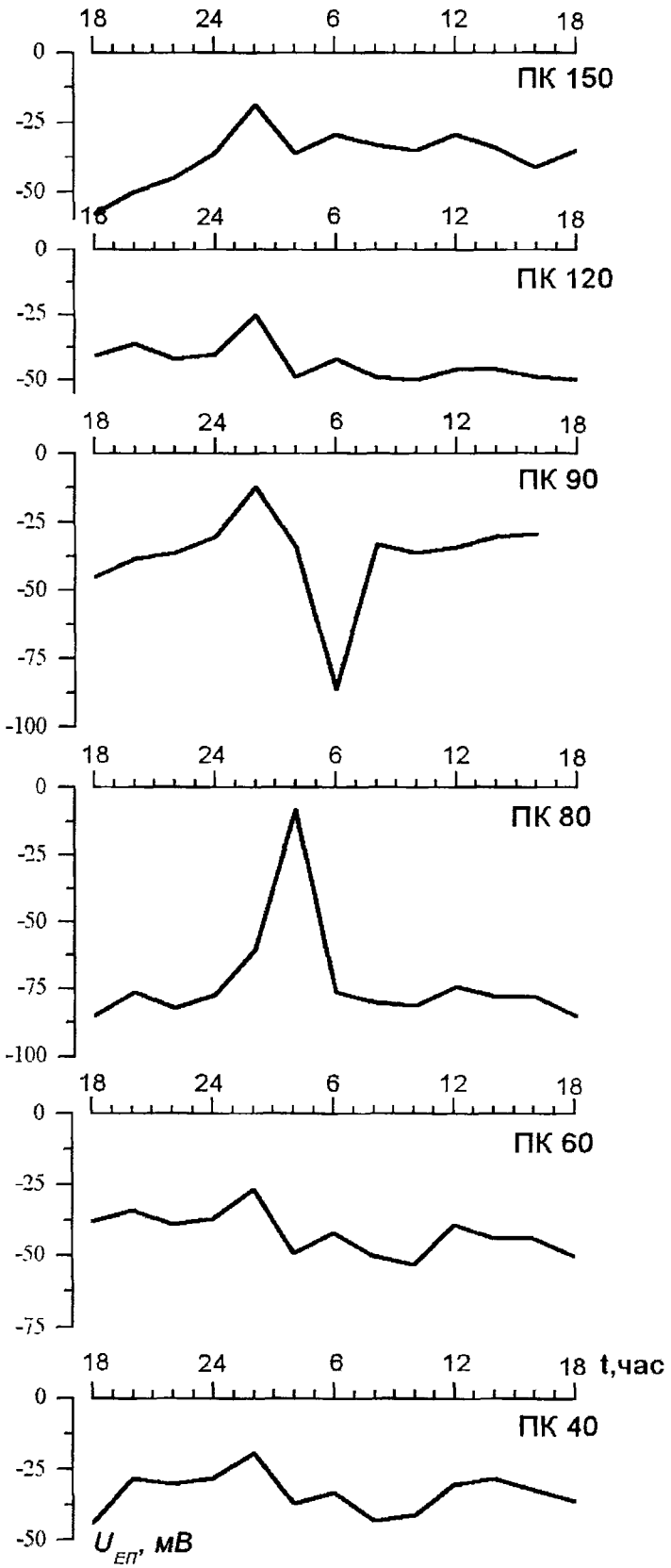
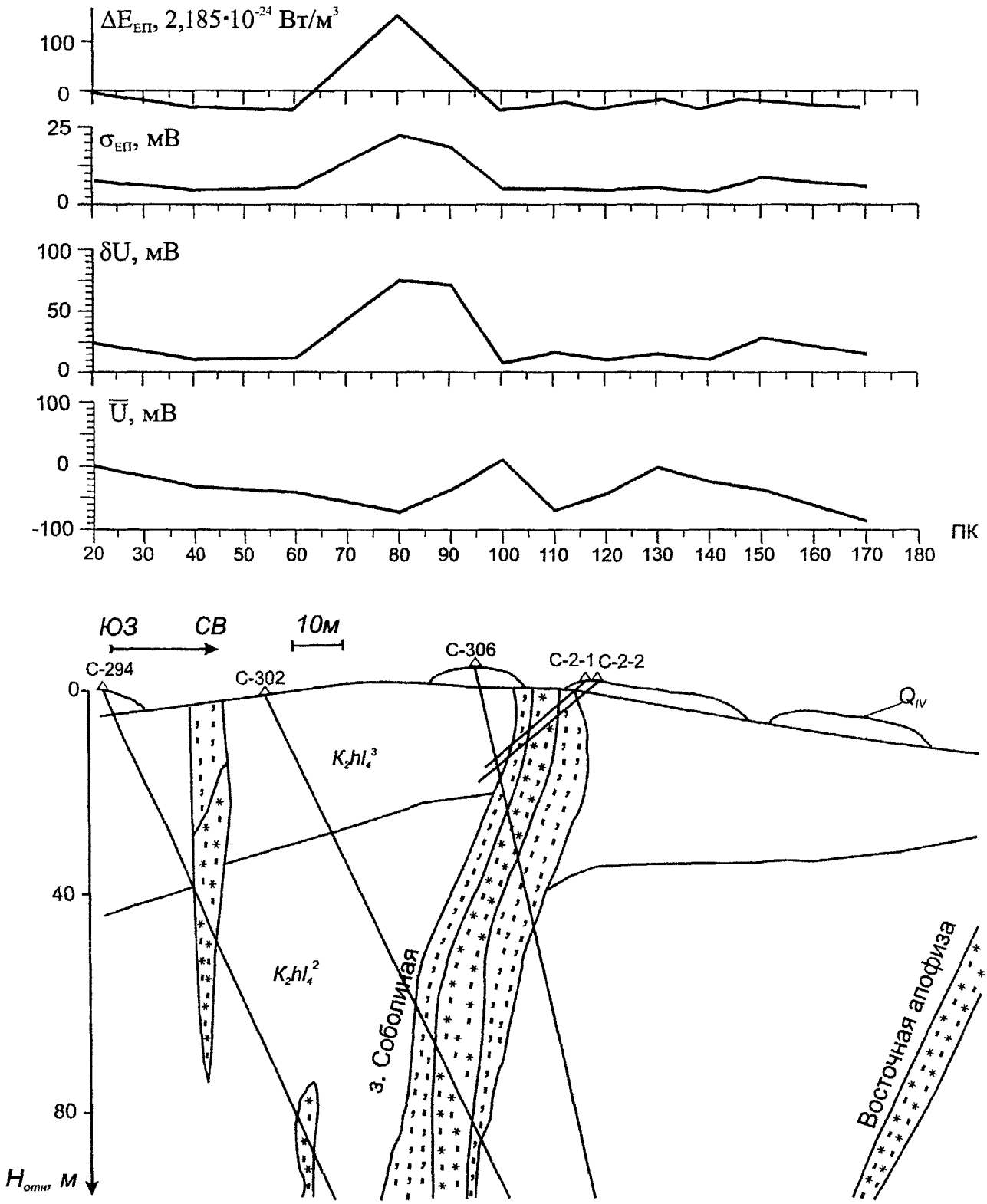


Рис.2.25. Графики зависимости $U_{ЕП}$ от времени t, ПР4 зоны «Соболиная», измерения в ясную погоду

ПР 4 зоны «Соболиная», измеренные 13-14.08.98 г. Обращает внимание аномальное нарушение регулярности вариаций на ПК 80 и 90. Вариации находятся как бы в противофазе. На ПК 80 в утренние часы (4-5 часов) амплитуда потенциала ЕП понизилась почти на 70 мВ, а на ПК 90 она повысилась почти на такую же величину. Пространственно аномальные точки сдвинуты по падению рудной зоны и находятся ближе к ее левому контакту. Сопоставление графиков вариаций ЕП с вариациями температуры и атмосферного давления дали результаты аналогичные выше описанным. Аномалии параметров динамики ЕП, сдвинуты относительно положительной аномалии средних значений потенциала ЕП (рис. 2.26), по видимому, обусловленной наличием сульфидной минерализации в приконтактной части рудной зоны. Выходящая на поверхность зона кварц-серицитовых метасоматитов на ПК 40 аномалиями не отметилась.

На рис. 2.27 приведены примеры вариаций магнитного поля по ПР 4, измеренные 13-14.08.98 г.

Над рудной зоной (ПК 100, 110) наблюдаются спокойные регулярные вариации, типичные для фоновых точек. Поскольку наблюдения на ПК 105 над эпицентром рудной зоны не проводились, возможно, что аномальная точка пропущена, как это было в вышеописанных случаях. Заметные нарушения регулярности вариаций наблюдаются на ПК 50 вблизи правого контакта маломощной зоны, выклинивающейся на глубину и на ПК 130, где на геологическом разрезе отсутствуют какие-либо зоны. На рис. 2.28 приведены графики параметров динамики МП, построенные по измерениям 13-14.08.98 г. На них небольшие по амплитуде аномалии параметров δT и σ_T наблюдаются на ПК 50, а единственная аномалия ΔE_T – на ПК 90, сдвинутом по падению рудной зоны. Они коррелируются с минимумом средних значений Т, по-видимому, обусловленным сульфидизацией вмещающих пород. Известно, что в приконтактовых частях кварц-турмалиновых оловоносных зон Комсомольского района, особенно в их висячих боках, широко развита сульфидизация, представленная арсенопиритом, халькопиритом, пиритом.



Условные обозначения на рис. 2.11

Рис. 2.26. Графики параметров динамики ЕП по профилю 4 зоны «Соболиная», полученные в ясную погоду

(Геологический разрез по данным Комсомольской партии)

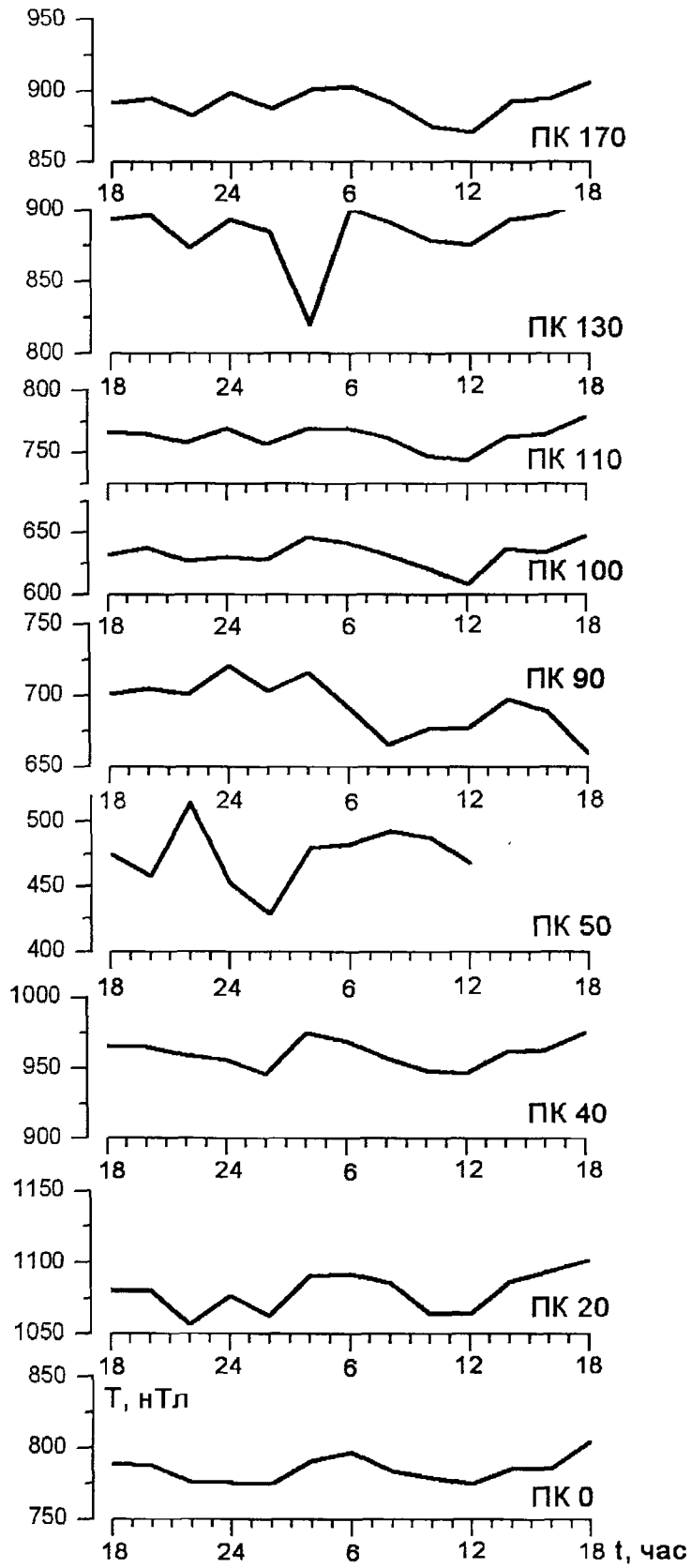
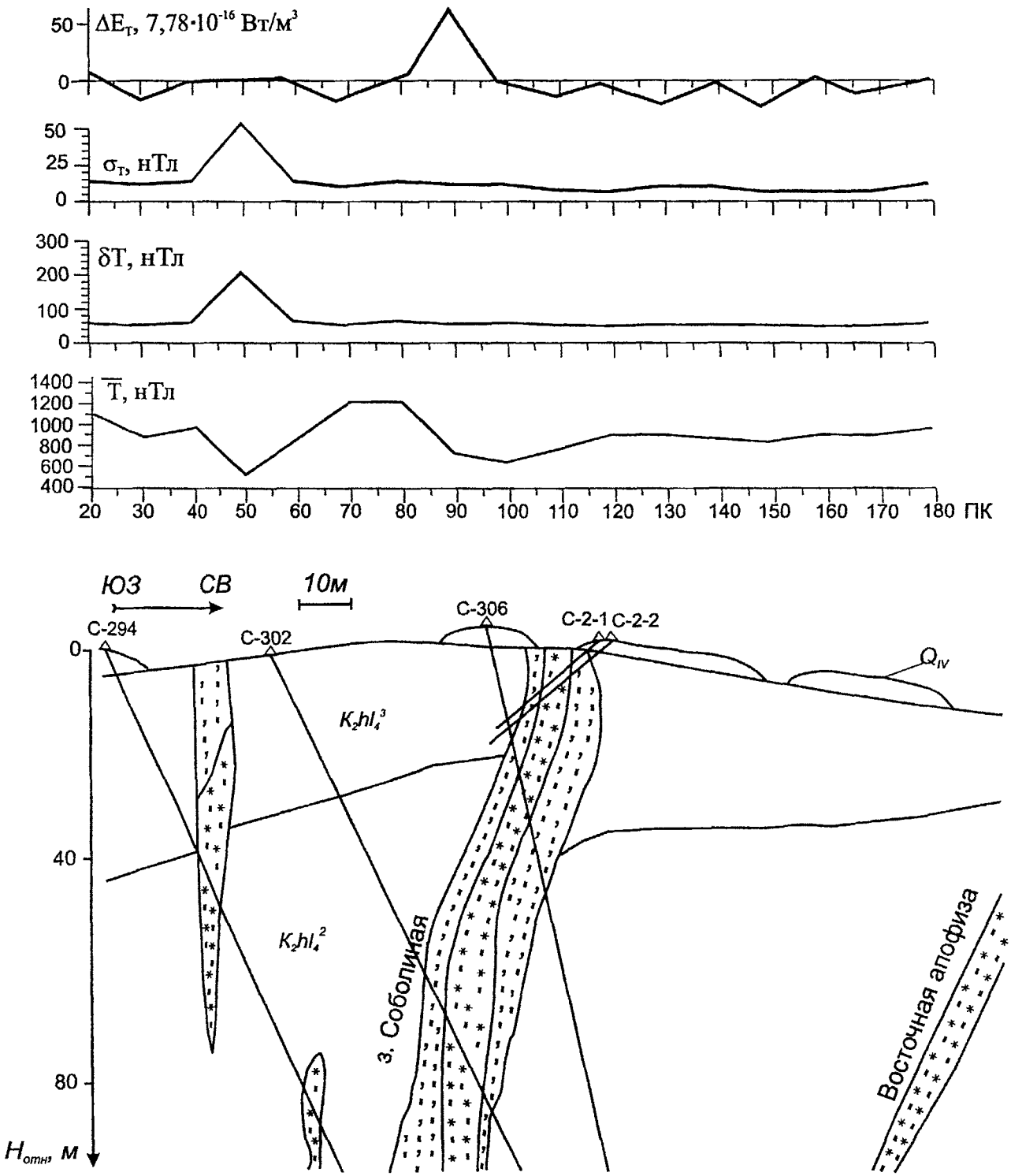


Рис.2.27. Графики зависимости T от времени t, ПР4 зоны «Соболиная», измерения в ясную погоду



Условные обозначения на рис. 2.11

Рис. 2.28. Графики параметров динамики МП по профилю 4 зоны «Соболиная», полученные в ясную погоду

(Геологический разрез по данным Комсомольской партии)

Таким образом на ПР 4 зоны «Соболиная» можно отметить неоднозначность результатов с точки зрения поисковых возможностей динамики ЕП и МП. Аномалии динамики ЕП наблюдаются не над самой рудной зоной, а над вмещающими породами в ее висячем боку. Более четкие аномалии динамики магнитного поля наблюдаются вблизи маломощной зоны на ПК 50, а не над основной рудной зоной. Хотя можно допустить, что при использованном шаге наблюдений (10 м) аномальная точка в эпицентре рудной зоны могла быть пропущена.

Таким образом, исследованиями на зоне «Соболиная» установлено:

- При наблюдениях в ясную погоду в определенные сутки над основной (промышленной) рудной зоной, сложенной кварц-турмалиновыми и кварц-серицитовыми метасоматитами наблюдаются нарушения регулярности вариаций и положительные аномалии параметров динамики ЕП. На двух профилях аномалии наблюдаются над выходом рудной зоны к дневной поверхности, на одном они сдвинуты по ее падению. Амплитуда аномалий разных параметров примерно одинакова. Ширина аномалий соответствует мощности зоны. В некоторых случаях аномалии параметров динамики коррелируются с аномалиями средних значений потенциала ЕП, в других корреляция отсутствует. Большинство маломощных зон, быстро выклинивающихся на глубине, аномалиями указанных параметров динамики не фиксируются.

- При наблюдениях в предгрозовую погоду форма графиков вариаций и параметров динамики ЕП существенно меняется. На них появляется много дополнительных аномалий, не находящих объяснения на геологических разрезах.

- При наблюдениях в ясную погоду над основной рудной зоной и некоторыми маломощными зонами, сложенными кварц-турмалиновыми образованиями наблюдаются аномальные искажения регулярности суточных вариаций и положительные аномалии небольшой амплитуды параметров динамики магнитного поля. Аномалии, как правило, сдвинуты по падению рудной зоны и в отдельных случаях коррелируются с аномалиями средних значений Т.

- Наиболее четкие аномалии параметров динамики ЕП и МП создают ми-

нерализованные зоны, выходящие к дневной поверхности. Зоны, залегающие на глубине или перекрытые сильно выветрелыми пародами, аномалий не создают.

- Результаты измерений ЕП и МП весьма сильно зависят от погодных условий. Измерения, проведенные в ясную и предгрозовую погоду, практически не воспроизводятся, как не воспроизводятся и наблюдения, проведенные в течение двух смежных суток в ясную погоду.

- Графики параметров δU и $\sigma_{ЕП}$, δT и σ_T полностью дублируют друг друга. Поэтому, расчет и построение графиков $\sigma_{ЕП}$ и σ_T можно считать излишним.

2.2.2. Зона «Ветвистая»

Месторождение «Ветвистое», как и большинство месторождений района, представлено, по определению [72], турмалиновым типом касситерит-силикатной формации, что соответствует кварц-касситеритовой минеральной ассоциации по определению Е.А. Радкевич и др. [17]. Месторождение является фрагментом протяженной рудоносной структуры близмеридионального простирания, что так же характерно в целом для района.

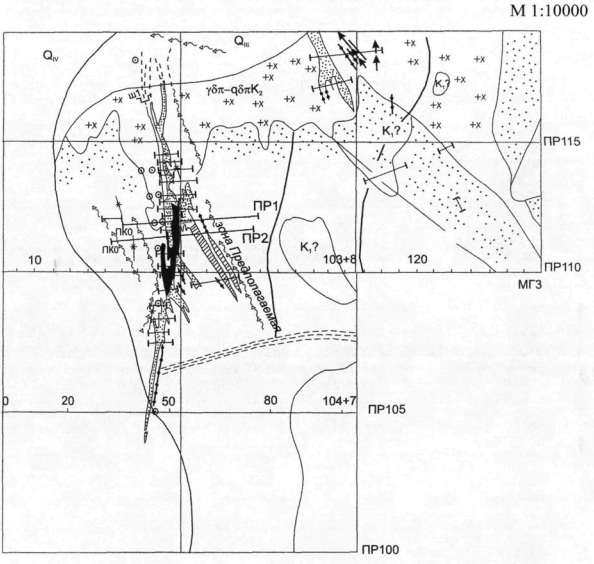
Объект исследований представляет собой известную рудную зону, мощностью 2,5...65 м, залегающую в юрских песчано-алевролитовых отложениях (рис.2.29). Зона локализована вблизи висячего бока дайки гранодиоритового состава и имеет крутое (80°-90°) падение на запад. В строении зоны принимают участие вторичные кварциты, кварцево-серицитовые, кварцево-турмалиновые и турмалиновые метасоматиты; жильный кварц брекчиевой текстуры с касситеритом, вольфрамитом; кварцево-сульфидные и кварц-карбонатно-сульфидные руды, хальцедоновидный кварц. Сульфиды представлены арсенопиритом, халькопиритом, пиритом, пирротином, марказитом, галенитом, сфалеритом, станнином, блеклыми рудами, антимонитом и киноварью.

Характерной морфологической особенностью зоны является ее ветвление в интрузивном теле.

По классификации Е.А. Радкевич эта минерализованная зона относится к зоне первого типа, т.к. залегает в осадочных породах.

По данным спектрального анализа содержание олова в зоне составляет в среднем 0,6%. Кроме олова в составе зоны отмечаются свинец до 0,5%, медь 0,37%, цинк – менее 0,1%, мышьяк до 0,8%. Во всех пробах отмечается серебро.

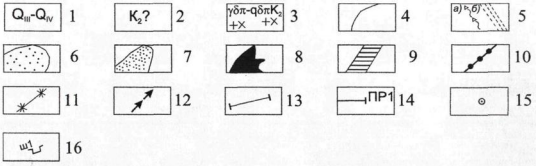
На рис. 2.30-2.33 по данным А.Н. Гагаева и И.Н. Тереховой [72] приведены карты изолиний геофизических полей, измеренных традиционными способами. Как видно на рисунках, в магнитном поле зона никак не проявляется. На карте потенциала ЕП центральная ее часть приурочена к краевой части ано-



Условные обозначения на следующей стр. 81.

Рис. 2.29. Геологическая схема рудной зоны «Ветвистая»
(по данным Комсомольской партии)

Условные обозначения к рис. 2.29



1 – верхнечетвертичные отложения (аллювиальные галечники, валунники, глина, суглинки); 2 – песчано-гравийная толща; 3 – гранодиорит-порфиры; 4 – границы между возрастными образованиями; 5 – зоны дробления (а), зоны интенсивной трещиноватости пород (б); 6 – ороговикованные зоны; 7 – минерализованные зоны кварц-серицитового состава; 8 - минерализованные зоны кварц-турмалинового состава; 9 – предполагаемая минерализованная зона; 10 – предположительно пропилитовые минерализованные зоны; 11 - окварцованные минерализованные зоны; 12 – пропилитовые минерализованные зоны; 13 – канавы; 14 – профили исследований; 15 – скважины; 16 – штольня.

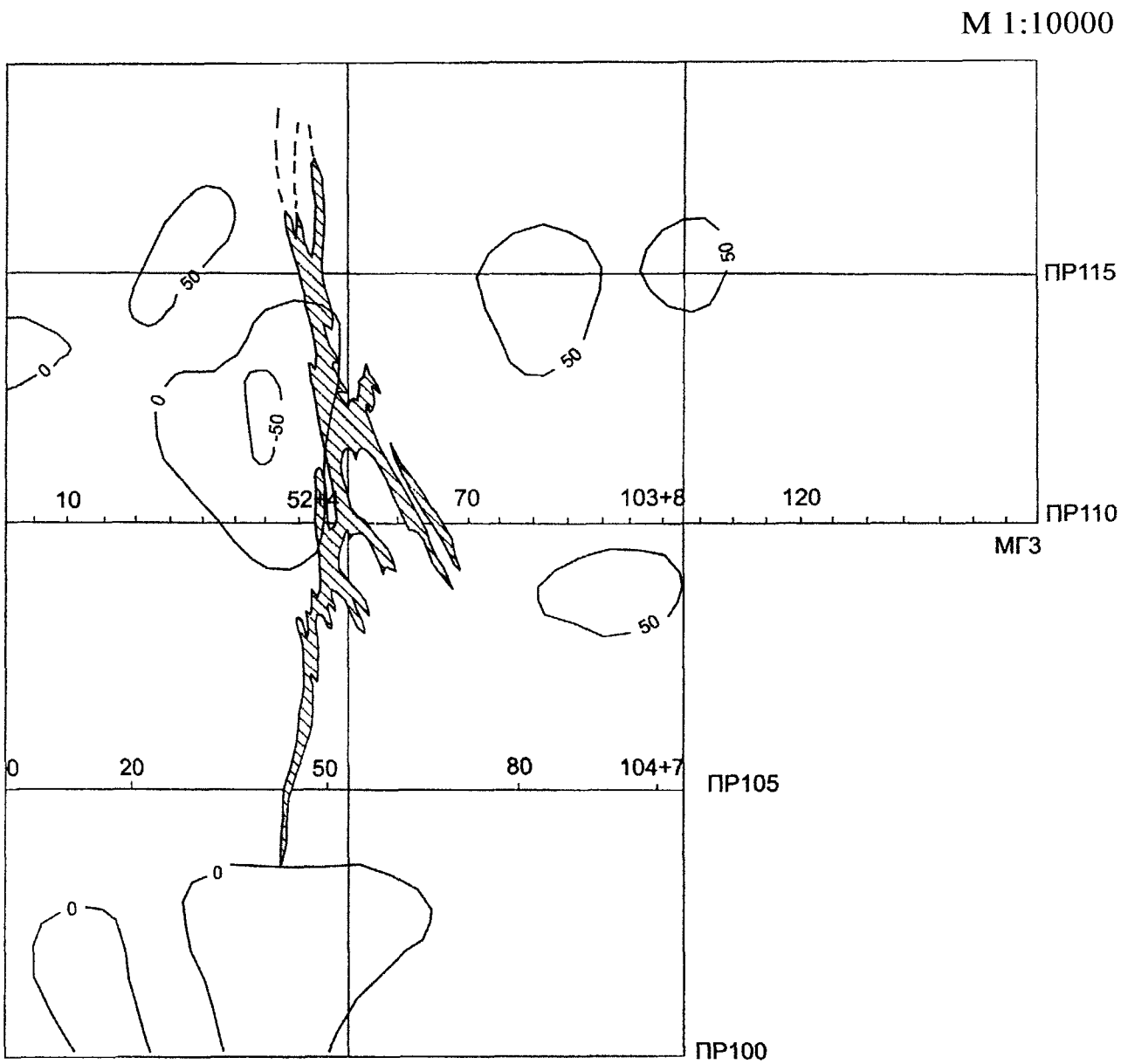


Рис. 2.30. Карта изолиний потенциала ЕП
(по А.Н. Гагаеву и И.Н.Тереховой)

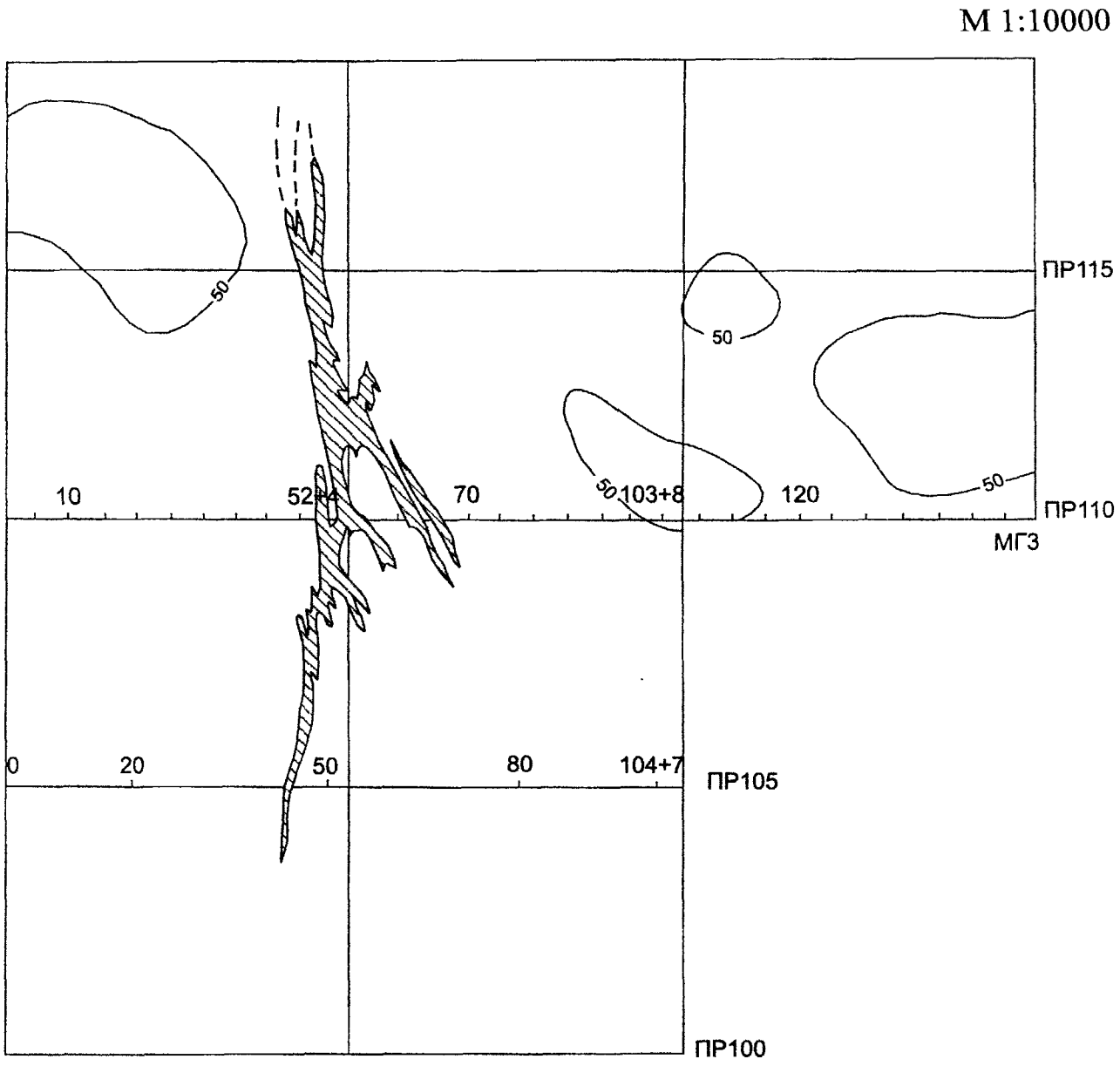


Рис. 2.31. Карта изолиний приращения вертикальной составляющей напряженности магнитного поля
(по А.Н.Гагаеву и И.Н.Тереховой)

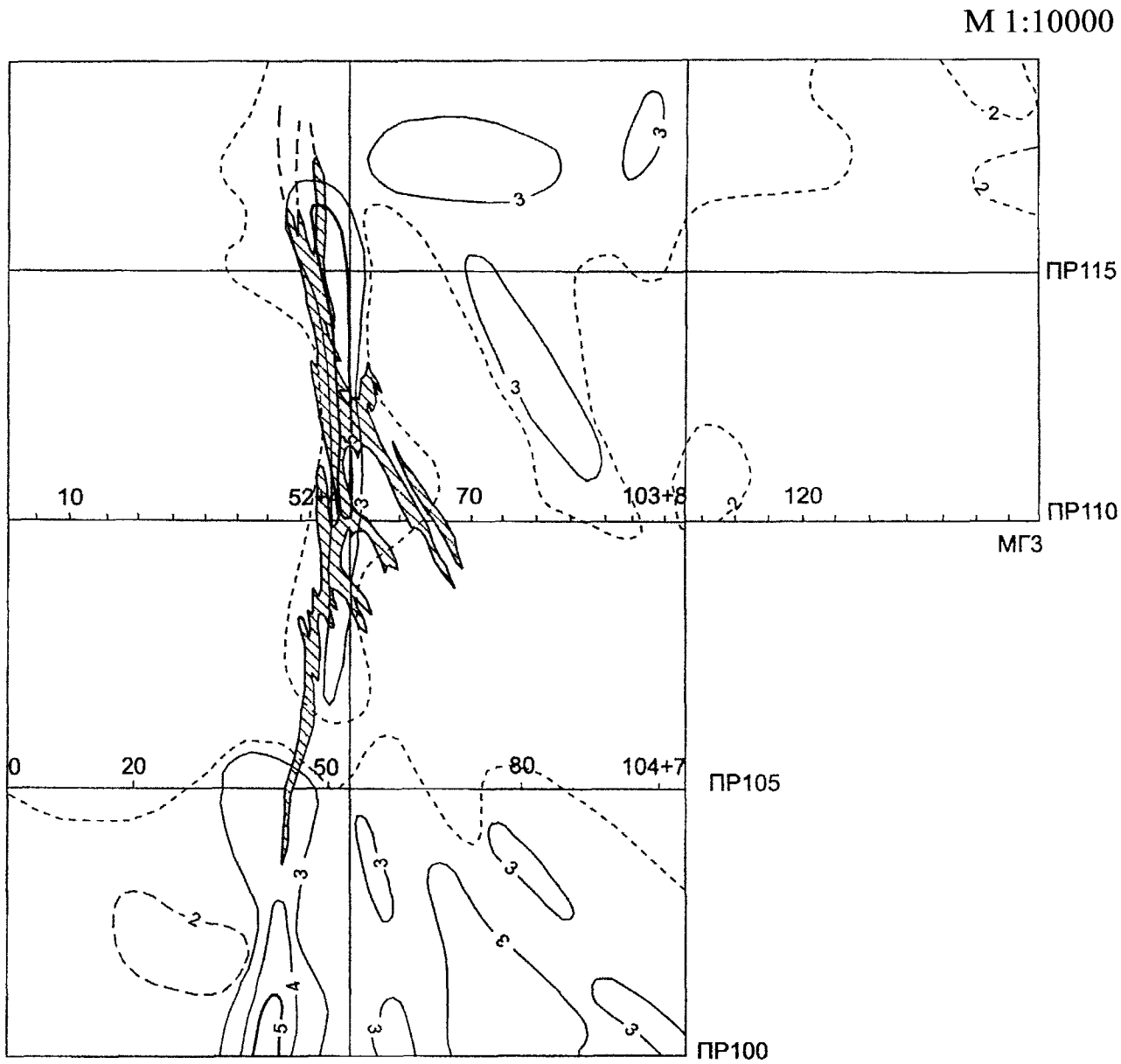


Рис. 2.32. Карта изолиний кажущейся поляризуемости
(по А.Н. Гагаеву и И.Н.Тереховой)

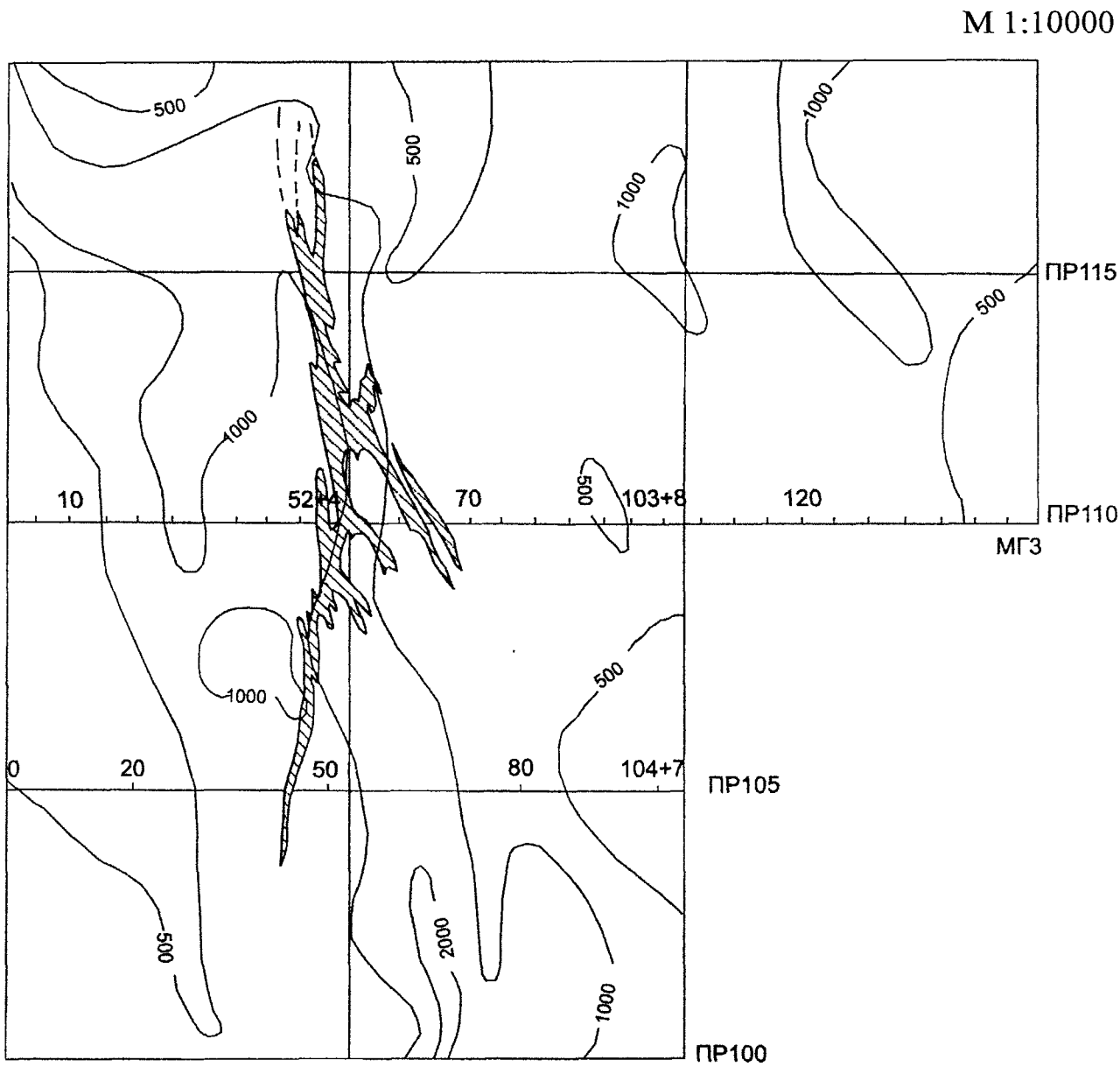


Рис. 2.33. Карта изолиний кажущегося удельного электрического сопротивления
(по А.Н. Гагаеву и И.Н.Тереховой)

малии ЕП. На карте изолиний $\rho_к$ она оконтуривается изолинией 1000 Ом·м. Методом ВП зона фиксируется аномалией $\eta_к$ от 2 до 5%, которая после пережима протягивается в южном направлении.

Исследования динамики естественного электрического и магнитного полей проведены на двух профилях, пересекающих центральную часть зоны.

Измерения проводились в грозовую погоду в течение суток с 12 по 13 августа и двух суток 16 -18 августа 1997 г. в ясную погоду.

Результаты исследований приведены в виде вариаций ЕП и МП и графиков параметров динамики, сопоставленных с геологическими разрезами (по данным Комсомольской геофизической партии ГФЭ ПГО «Дальгеология»). Рассмотрим их подробнее.

На рис. 2.34 приведены примеры вариаций потенциала ЕП во времени на пикетах ПР 1 зоны «Ветвистая», измеренные в ясную погоду. Явные нарушения регулярности вариаций, хотя и с небольшой амплитудой, наблюдаются на ПК 20, 60, 240, 260, 300. Судя по геологическому разрезу на ПК 20 присутствует минерализованная зона с окварцеванием, на ПК 60 выходит на поверхность одна из апофиз, еще одной зоны, на ПК 260 выходит к поверхности апофиза зоны кварц-серицитовых метасоматитов. Над основной рудной зоной, фиксируемой отрицательной аномалией потенциала ЕП до (-50) мВ, вариации имеют спокойный фоновый характер. На ПК 120, приуроченному к центру дайки гранодиорит порфиров, а также на ПК 20, 60, 260, наблюдаются небольшие аномалии показателя максимальной динамики.

На рис. 2.35 – 2.36 приведены графики временных вариаций магнитного поля по ПР 1, измеренного в эти же сутки. Наиболее интенсивные аномальные нарушения регулярности вариаций наблюдаются на ПК 150, 160, 170, приуроченных к выходу на поверхность основной рудной зоны, сложенной кварц-турмалиновыми метасоматитами. Причем, на ПК 160, 170 наблюдается четкая противофазность колебаний. Здесь же наблюдается, эпицентр отрицательной аномалии потенциала ЕП и наиболее интенсивные аномалии параметров динамики МП, которые коррелируются с отрицательными аномалиями средних зна-

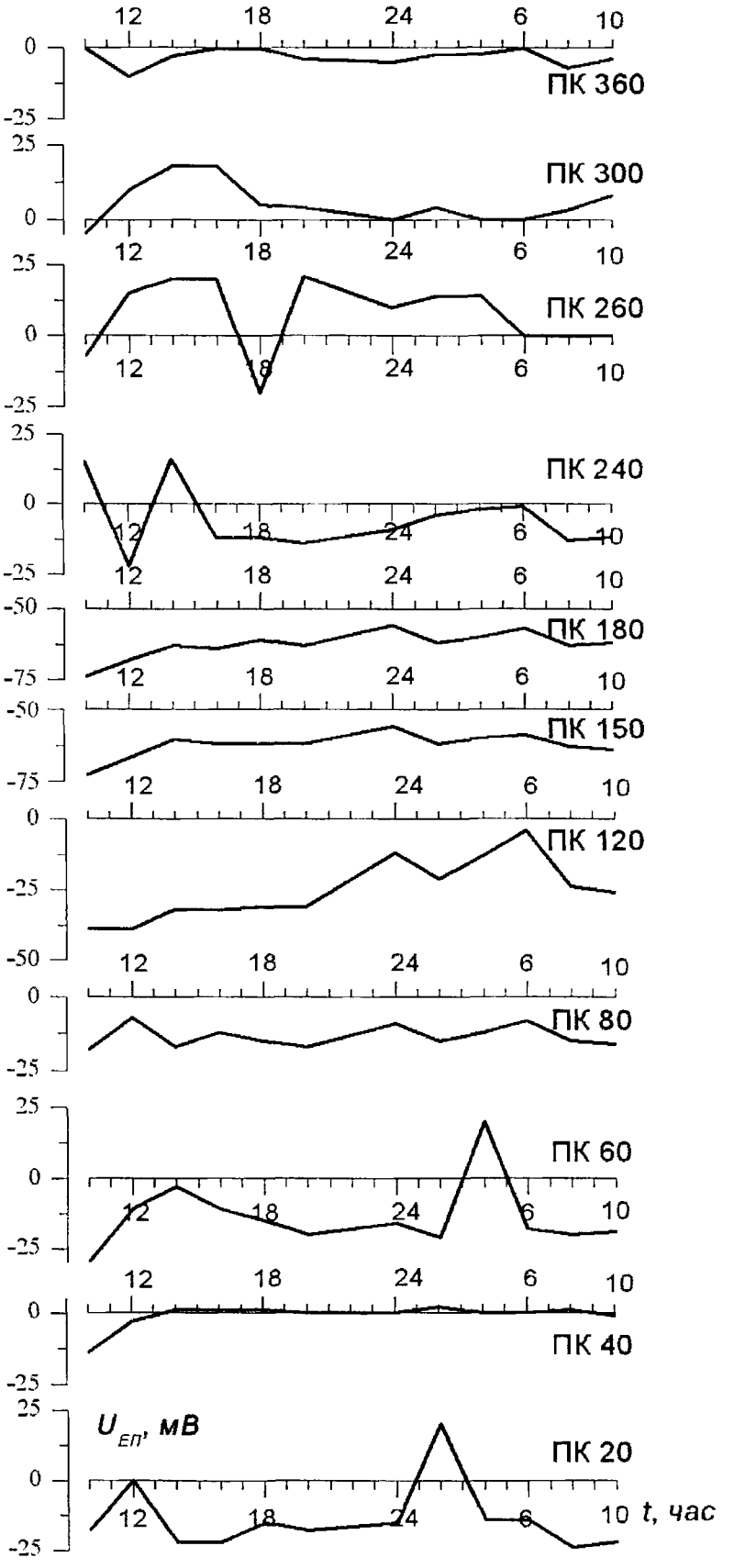


Рис.2.34. Графики зависимости $U_{ЕП}$ от времени, по ПР1(ПК 0-120) зоны «Ветвистая», измеренные в ясную погоду

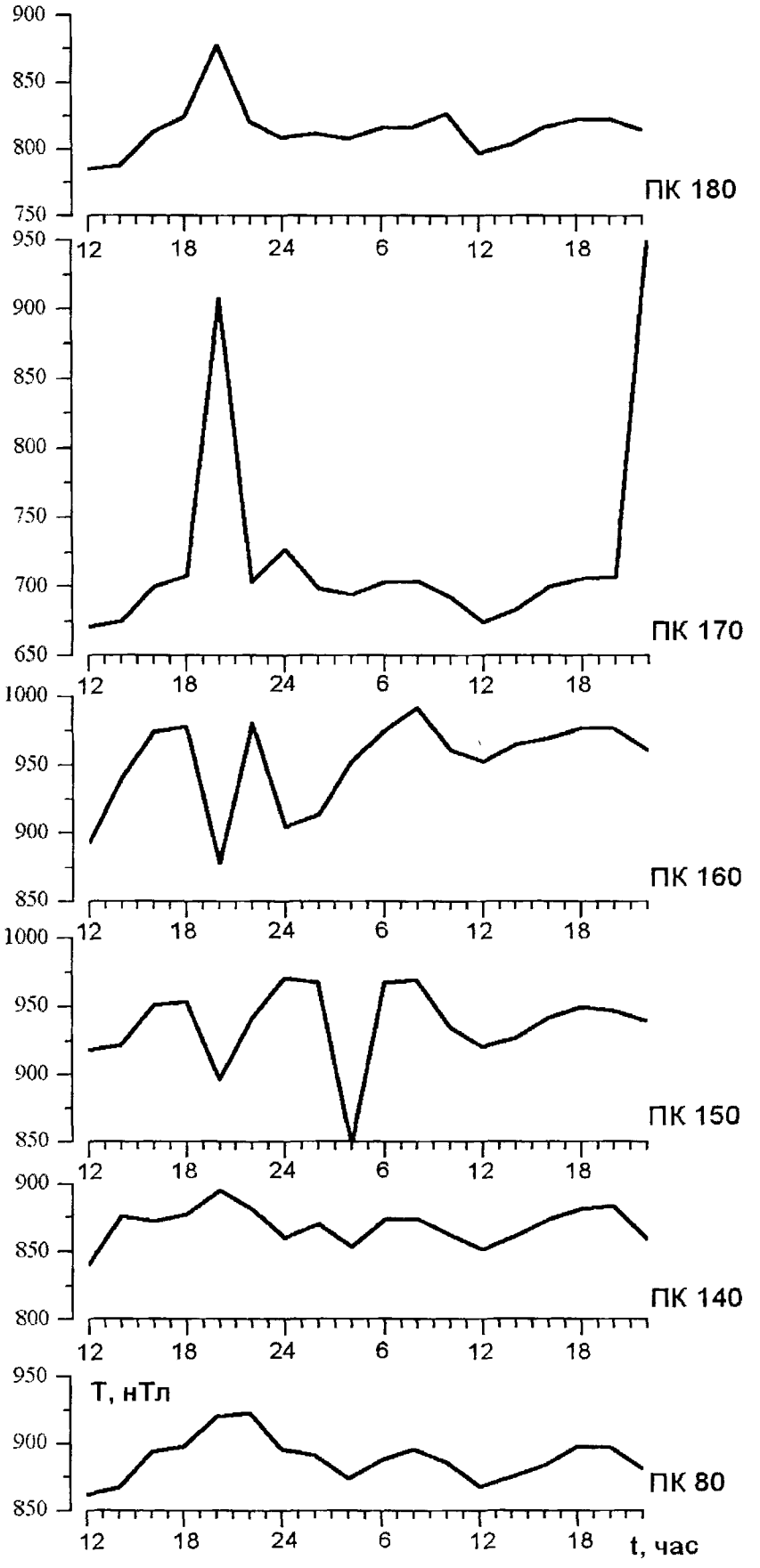


Рис.2.35. Графики зависимости Т от времени, по ПР1 (ПК 80 - 180) зоны «Ветвистая», измеренные в ясную погоду

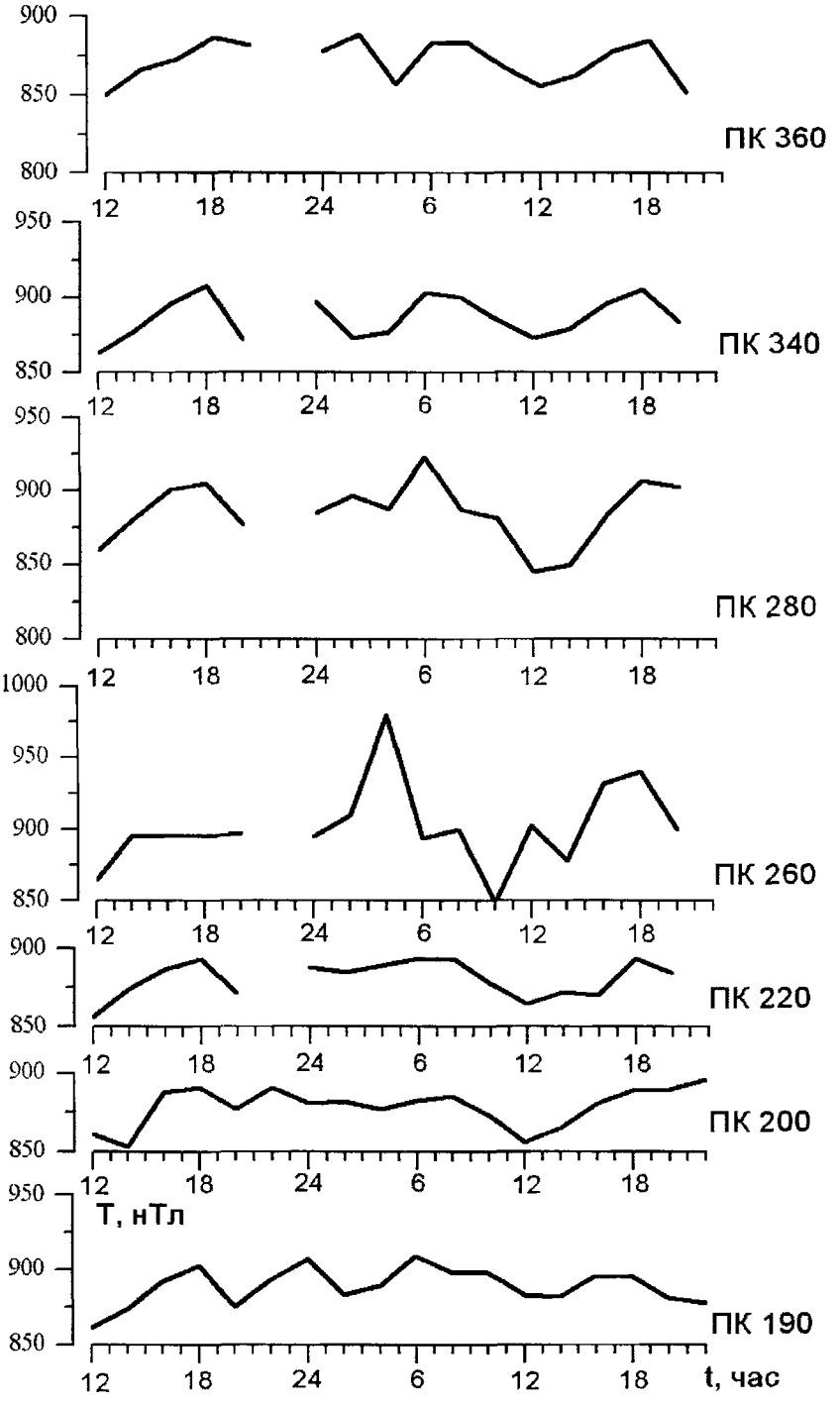


Рис.2.36. Графики зависимости Т от времени, по ПР1 (ПК 190 – 360) зоны «Ветвистая», измеренные в ясную погоду

чений Т (рис. 2.43, 2.44). Менее интенсивные нарушения регулярности вариаций МП наблюдаются на ПК 260 и 280, приуроченных к выходу на поверхность правой ветви зоны, сложенной кварц-серицитовыми образованиями.

На рис. 2.37 - 2.38 приведены примеры вариаций ЕП по ПР 1, измеренные в грозовую погоду 12-13.08.97 г. Их сравнение с вариациями на рис. 2.34 показывает их полную невоспроизводимость, как в аномальных точках, так и в фоновых. Естественное электрическое поле в аномальных точках и на большинстве фоновых стало положительным. Интересен тот факт, что аномальные нарушения регулярности вариаций появились на тех точках профиля, на которых их не было в ясную погоду. Наиболее аномальными стали вариации на ПК 80, 100, расположенных на левом контакте дайки гранодиорит порфиров с осадочными отложениями. Аномальными так же стали вариации на ПК 150 и 160 в эпицентре рудной зоны, более интенсивными стали искажения вариаций на ПК 20, 40, 60, 190 и 240 над зонами окварцевания и кварц-серицитовыми метасоматитами. Грозовые тучи как бы «возбудили» новые неоднородности геологического разреза, сделав их энергоактивными. И, тем не менее, не все тектонические зоны, указанные на геологическом разрезе, стали аномальными. «Фоновыми» остались вариации над зонами на ПК 220, 270, 300 и 320.

На рис. 2.39-2.40 приведены временные вариации магнитного поля по ПР 1 зоны «Ветвистая», измеренные в грозовую погоду. Их сравнение с вариациями на рис. 2.35-2.36 также показывает существенное различие. Амплитуда аномальных искажений увеличилась. Наиболее интенсивные искажения регулярности вариаций наблюдаются на ПК 160, 170, 180, 190 над выходом на дневную поверхность промышленной рудной зоны, сложенной в центре кварц-турмалиновыми, а по периферии кварц-серицитовыми метасоматитами. Именно на ПК 170, 180, отвечающих центральной части зоны, наблюдаются наиболее интенсивными искажения вариаций. Здесь амплитуда показателя динамики МП максимальна (рис. 2.43-2.44). Характерно, что на ПК 200 и 210, находящихся в зоне контакта кварц-серицитовых метасоматитов с вмещающей средой, наблюдается четкая противофазность вариаций. Такая же противофазность наблюдается на ПК 300, 320 и 340, 360.

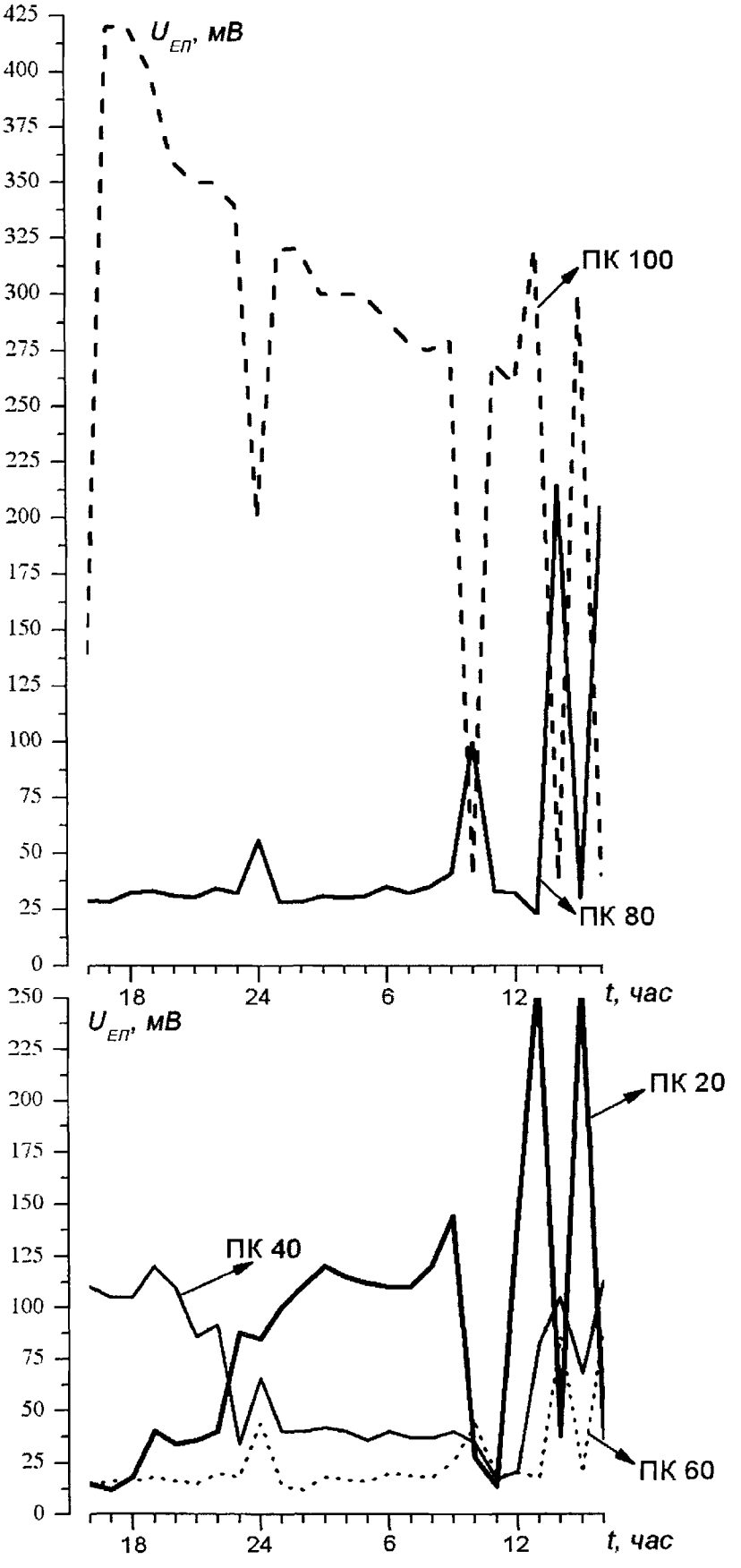


Рис.2.37. Графики зависимости $U_{ЕП}$ от времени, по ПР1 (ПК 20-100) зоны «Ветвистая», измеренные в грозовую погоду

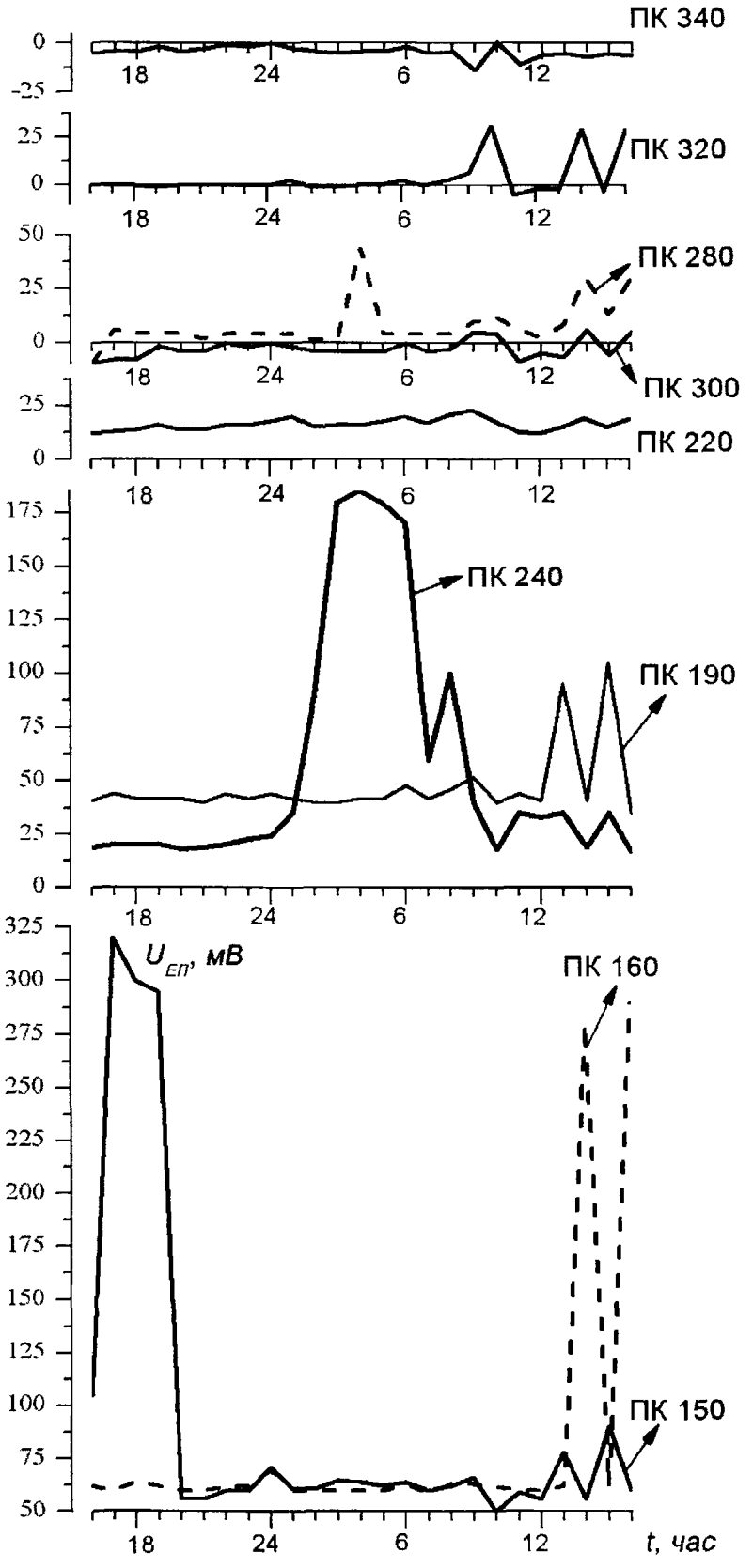


Рис.2.38. Графики зависимости $U_{ЕП}$ от времени, по ПР1 (ПК 150-340) зоны «Ветвистая», измеренные в грозовую погоду

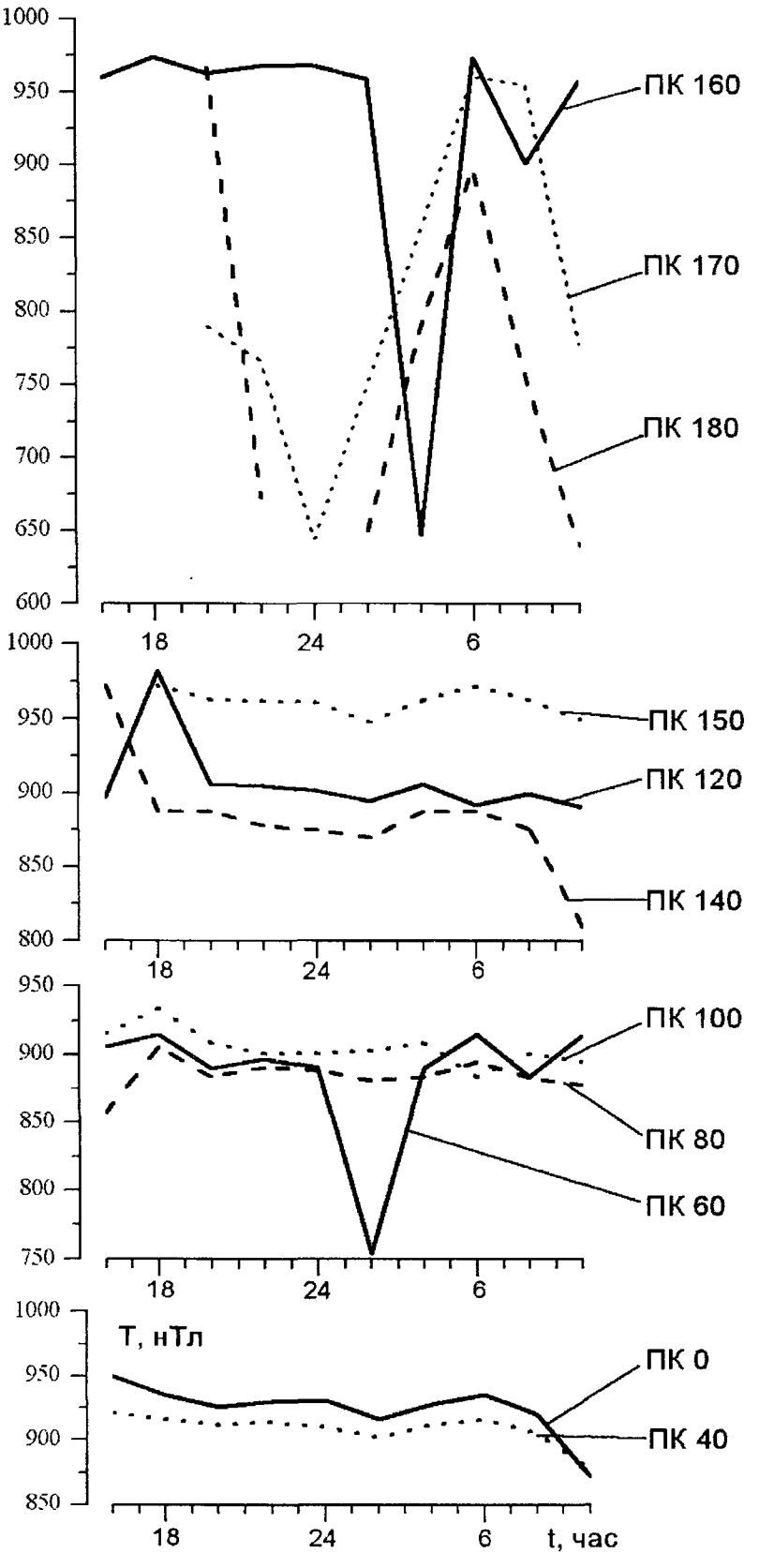


Рис.2.39. Графики зависимости Т от времени, по ПР1 (ПК 0 - 180) зоны «Ветвистая», измеренные в грозовую погоду

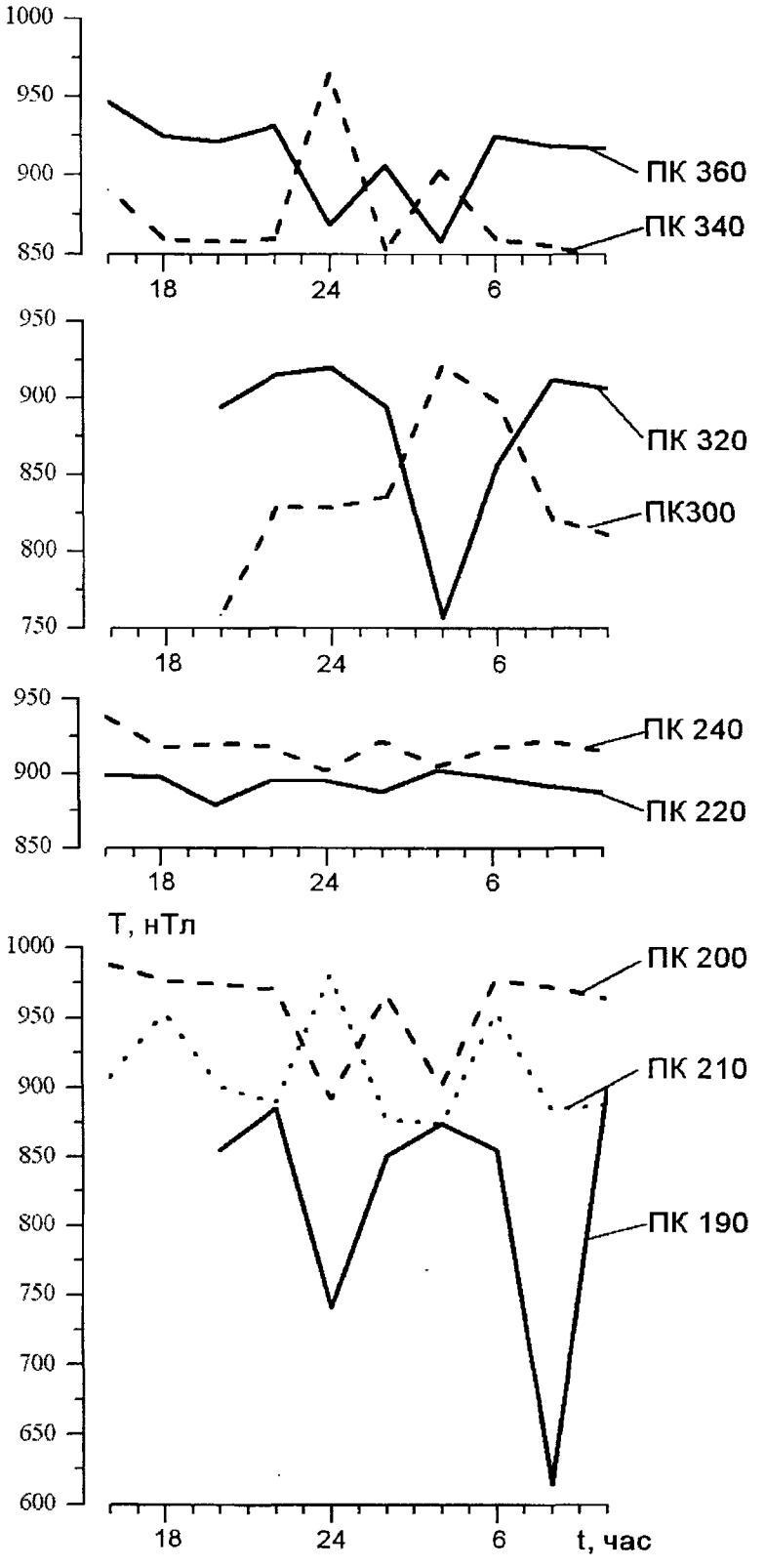


Рис.2.40. Графики зависимости Т от времени, по ПР1 (ПК 190 - 360) зоны «Ветвистая», измеренные в грозовую погоду

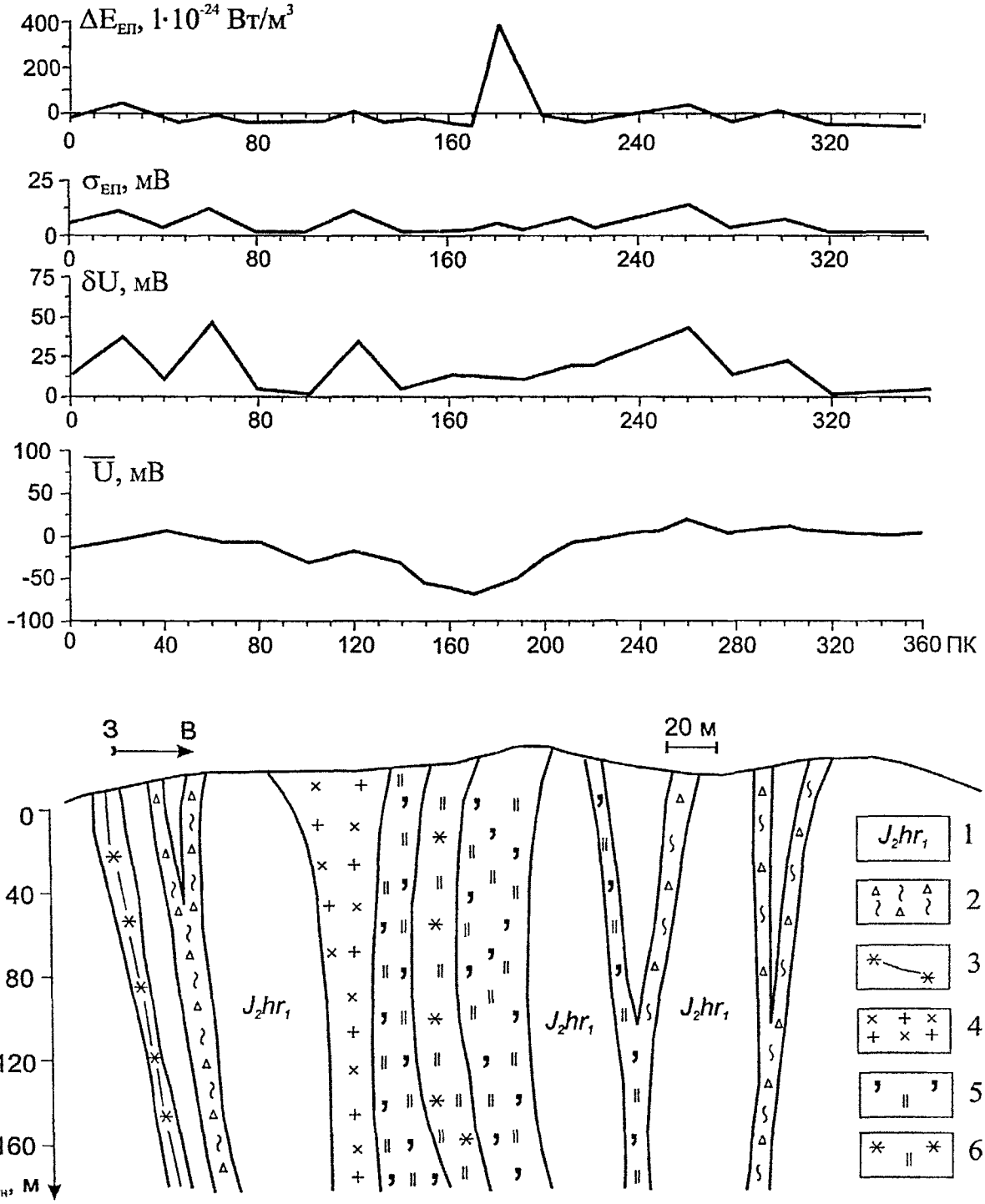
В грозовую погоду появились аномальные искажения вариаций в точках, фоновых в ясную погоду. Так появились аномалии над тектоническими минерализованными зонами на ПК 60. 300, 320, над дайкой гранодиорит порфиров на ПК 120-140.

На рис. 2.41 - 2.44 приведены графики параметров динамики ЕП и МП по ПР 1, сопоставленные с геологическим разрезом (по данным Комсомольской геофизической партии ГФЭ ПГО «Дальгеология»). Рассмотрим их подробнее.

На рис. 2.41 видно, что аномалия средних значений ЕП, полученная в ясную погоду с амплитудой до 30...60 мВ, наблюдается лишь над основной оловорудной зоной, причем максимальная амплитуда аномалии примерно соответствует центру зоны, представленной кварц-турмалиновыми и кварц-серицитовыми метасоматитами. Локальная аномалия $\overline{U}_{ЕП}$ меньшей амплитуды наблюдается над контактом дайки гранодиорит-порфиров с юрскими песчано-алевролитовыми отложениями. На графиках максимальной динамики $\delta U_{ЕП}$, наблюдаются четыре слабые положительные аномалии, одна на ПК 120 над гранодиорит-порфирами, другие на ПК 20, 60 и 260 над зонами окварцевания и дробления.

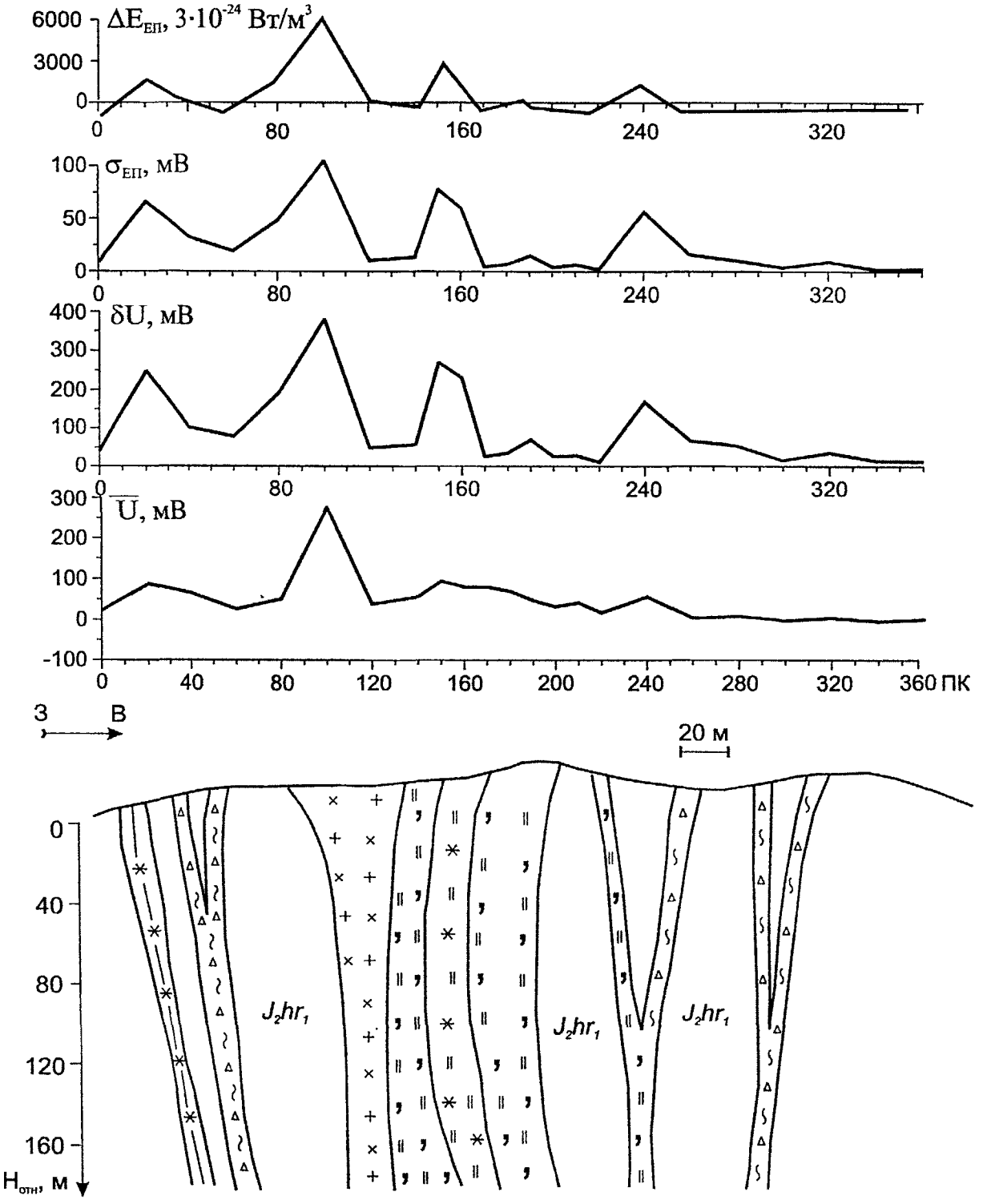
График дисперсии $\sigma_{ЕП}$ полностью дублирует график $\delta U_{ЕП}$. На графике $\Delta E_{ЕП}$ наблюдается одна четкая аномалия на ПК 180 пространственно совпадающая с аномалиями $\delta U_{ЕП}$ и $\sigma_{ЕП}$ и приуроченная к границе раздела кварц-турмалиновых и кварц-серицитовых метасоматитов. Согласно С.Ю. Баласаняну [4], параметр ΔE является показателем выделения (или поглощения) энергии. Следовательно, на данном профиле энергоактивным каналом является контакт минерализованных зон кварц-турмалиновых и кварц-серицитовых метасоматитов на ПК 180.

На этом же интервале профиля наблюдаются единственные положительные аномалии всех параметров динамики магнитного поля (рис. 2.43), приуроченные к центральной части рудной зоны, сложенной кварц-турмалиновыми метасоматитами. Причем аномалии параметров динамики коррелируются с ло-



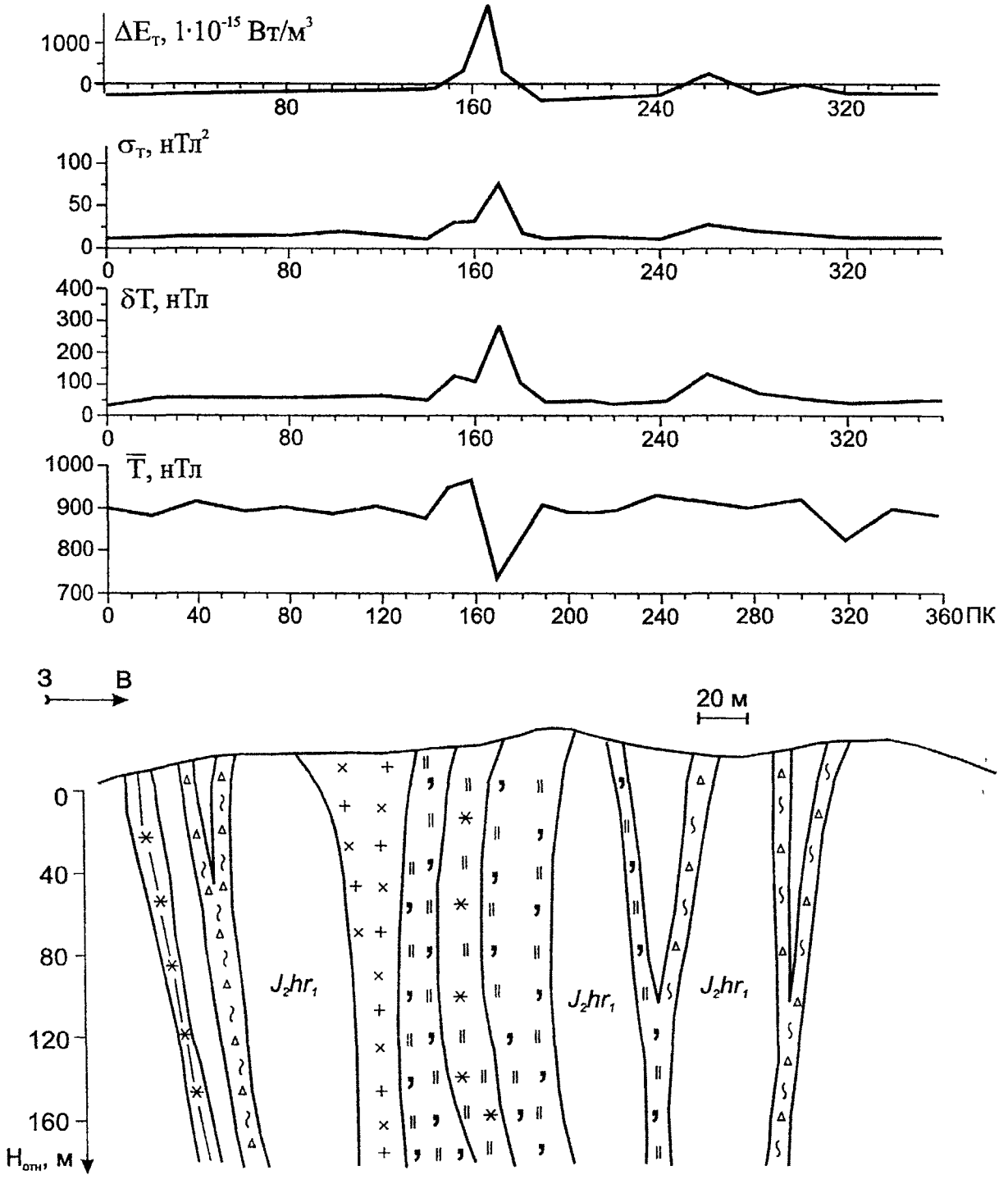
1 - юрские песчано-алевролитовые отложения;
2 – зоны дробления;
3 - окварцованные минерализованные зоны;
4 – гранодиорит-порфиры;
5 - кварц-серицитовые образования;
6 - кварц-турмалиновые образования.

Рис. 2.41. Графики параметров динамики ЕП по профилю 1 зоны «Ветвистая», полученные в ясную погоду
(Геологический разрез по данным Комсомольской партии)



Условные обозначения на рис. 2.41

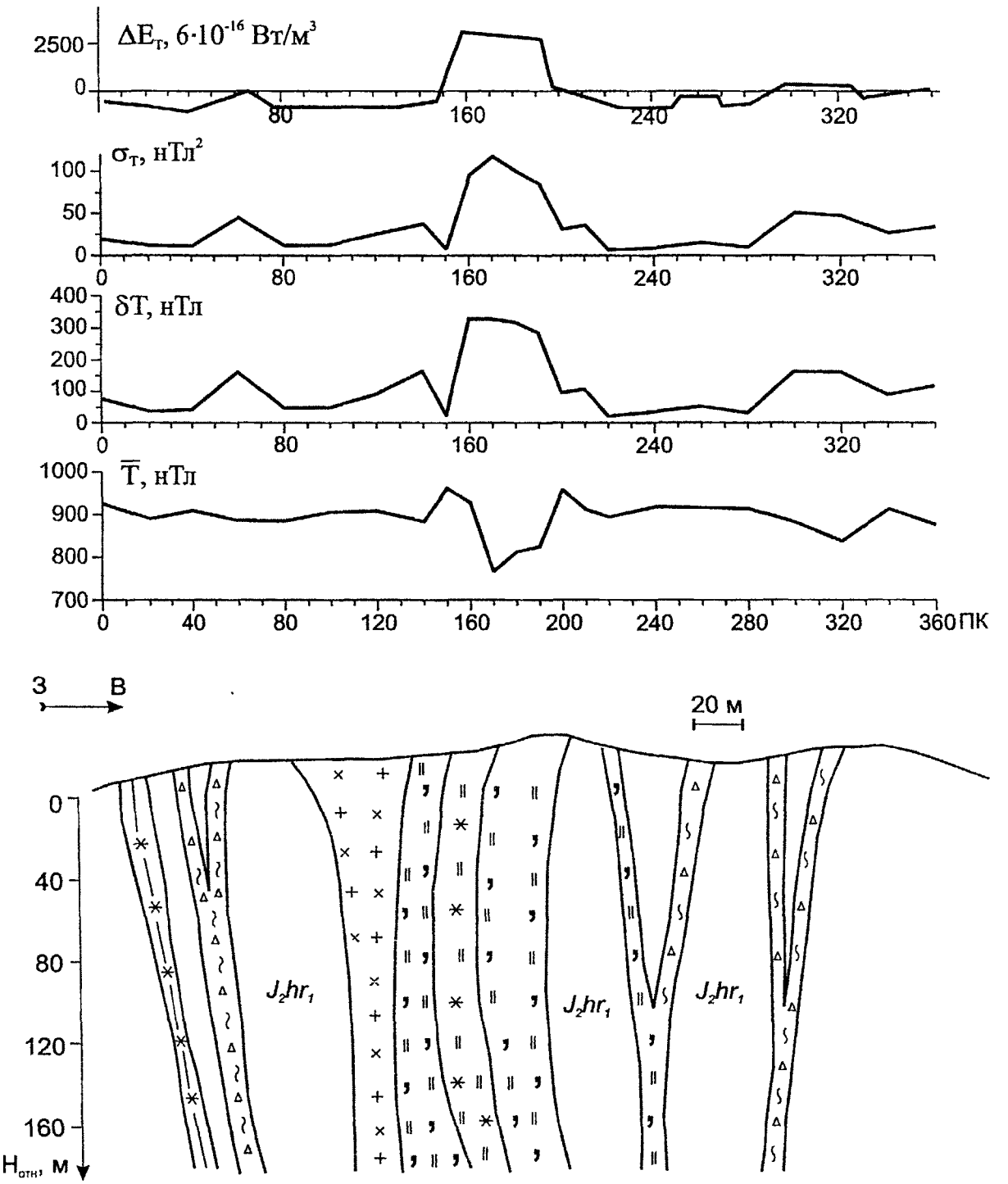
Рис. 2.42. Графики параметров динамики ЕП по профилю 1 зоны «Ветвистая», полученные в грозовую погоду
(Геологический разрез по данным Комсомольской партии)



Условные обозначения на рис. 2.41

Рис. 2.43. Графики параметров динамики МП по профилю 1 зоны «Ветвистая», полученные в ясную погоду

(Геологический разрез по данным Комсомольской партии)



Условные обозначения на рис. 2.41

Рис. 2.44. Графики параметров динамики МП по профилю 1 зоны «Ветвистая», полученные в грозовую погоду

(Геологический разрез по данным Комсомольской партии)

кальным минимумом $\overline{T}$, а их ширина значительно меньше мощности всей минерализованной зоны. Очень слабые аномалии обсуждаемых параметров наблюдаются над одной из зон на ПК 260.

Сравнительный анализ графиков параметров динамики ЕП и МП показывает, что они существенно отличаются друг от друга. Аномалии параметров динамики ЕП наблюдаются над неоднородностями геологического разреза в виде контактов различных пород, тектонических нарушений и минерализованных зон, аномалии параметров динамики МП, более однозначно увязываются с основной рудной зоной.

Сравнение графиков параметров динамики естественного поля, полученных на ПР 1 в грозовую и ясную погоду показывает, что как стационарное поле ЕП, так и параметры его динамики весьма сильно зависят от погодных условий измерения (рис. 2.41-2.42). Аномалия $\overline{U}_{ЕП}$ изменила знак с отрицательного на положительный. Это свидетельствует о малоглубинном (приповерхностном) источнике аномалии ЕП, так как известно, что грозовые тучи, фронт которых заряжен отрицательно, индуцируют положительные заряды на поверхности земли. Амплитуда всех параметров динамики увеличилась на порядок, а конфигурация графиков существенно изменилась. Следует подчеркнуть, что практически все аномалии параметров динамики пространственно коррелируются с аномалиями стационарного поля $\overline{U}_{ЕП}$. Наиболее интенсивной аномалии $\overline{U}_{ЕП}$ на ПК 100 соответствуют интенсивные аномалии $\delta U_{ЕП}$, $\sigma_{ЕП}$ и $\Delta E_{ЕП}$. Эта аномалия наблюдается над штоком гранодиорит-порфиров. Аномалии этих же параметров меньшей интенсивности появились над минерализованной зоной на ПК 20 и проекцией на дневную поверхность глубинной части разветвленной зоны дробления на ПК 240. Характерно, что аномалия $\Delta E_{ЕП}$ наблюдаемая в ясную погоду над проекцией рудного тела на ПК 180, в грозовую погоду сместилась на ПК 150 к центральной части рудной зоны. Здесь же наблюдаются аномалии остальных параметров динамики ЕП. Из вышесказанного вытекает, что, несмотря на поверхностный источник поля $\overline{U}_{ЕП}$ в грозовую погоду аномалии стационарного поля и рассматриваемых параметров динамики ЕП не утратили свя-

зи с геологическим разрезом. При этом, несмотря на корреляцию аномалий $\overline{U}_{ЕП}$ и параметров динамики, последние более контрастны и более четко картируют неоднородности геологического разреза.

Важно отметить, что в грозовую погоду в интервале мощной промышленной рудной зоны наблюдается лишь локальная аномалия над зоной кварц турмалиновых метасоматитов, слагающих центральную часть рудной залежи. Вместе с тем четкими аномалиями на графиках параметров динамики ЕП отметились структуры (контакты, зоны дробления и др.), выходящие на дневную поверхность.

Рассмотрим графики $\overline{T}$ и параметров динамики магнитного поля, полученные в грозовую погоду (рис. 2.44). Как видно на рисунке, отрицательная аномалия $\overline{T}$, наблюдаемая над эпицентром рудной залежи на ПК 170, 180, незначительно изменив амплитуду, стала более контрастной. С ней пространственно совпадают наиболее интенсивные аномалии всех параметров динамики, ширина которых по профилю примерно равна ширине отрицательной аномалии $\overline{T}$ и мощности рудной зоны. Кроме основной аномалии в центральной части профиля в грозовую погоду появились слабые аномалии

параметров динамики над зонами дробления на ПК 60 и 300-320.

Таким образом, аномалии параметров динамики магнитного поля, более четко увязываются с выходящей к дневной поверхности рудной залежью. Над соседними тектоническими зонами (на ПК 220, 260) и над минерализованной зоной на ПК 10, 20, где магнитное поле ведет себя спокойно, аномалий параметров динамики не наблюдается.

На рис. 2.45 – 2.46 приведены вариации потенциала ЕП измеренные в ясную погоду (16-18.08.97 г.) по ПР 2 зоны «Ветвистая». На этом профиле вариации имеют менее аномальный характер. Отдельные незначительные по амплитуде нарушения регулярности вариаций в виде локальных пиков наблюдаются на ПК 60, 300, 340 над тектоническими зонами и на ПК 150-170 над выходом к поверхности рудной зоны, вскрытой канавой. В то же время над минерализованными зонами на ПК 0, 80, 240, 280 вариации носят регулярный, фоновый характер, а аномалии параметров динамики ЕП отсутствуют (рис. 2.49).

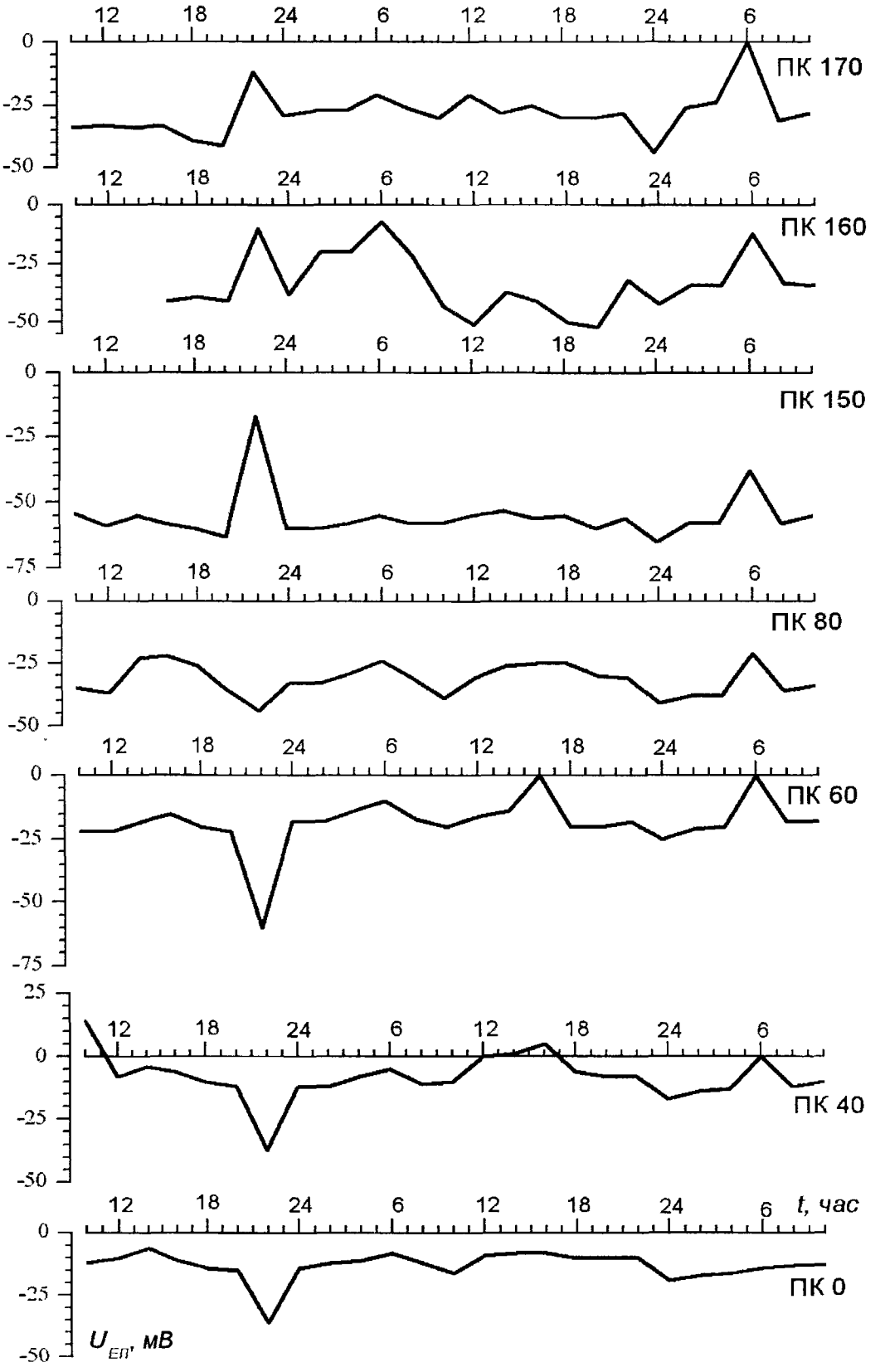


Рис.2.45. Графики зависимости $U_{ЕП}$ от времени, по ПР2 (ПК 0-170) зоны «Ветвистая», измеренные в ясную погоду

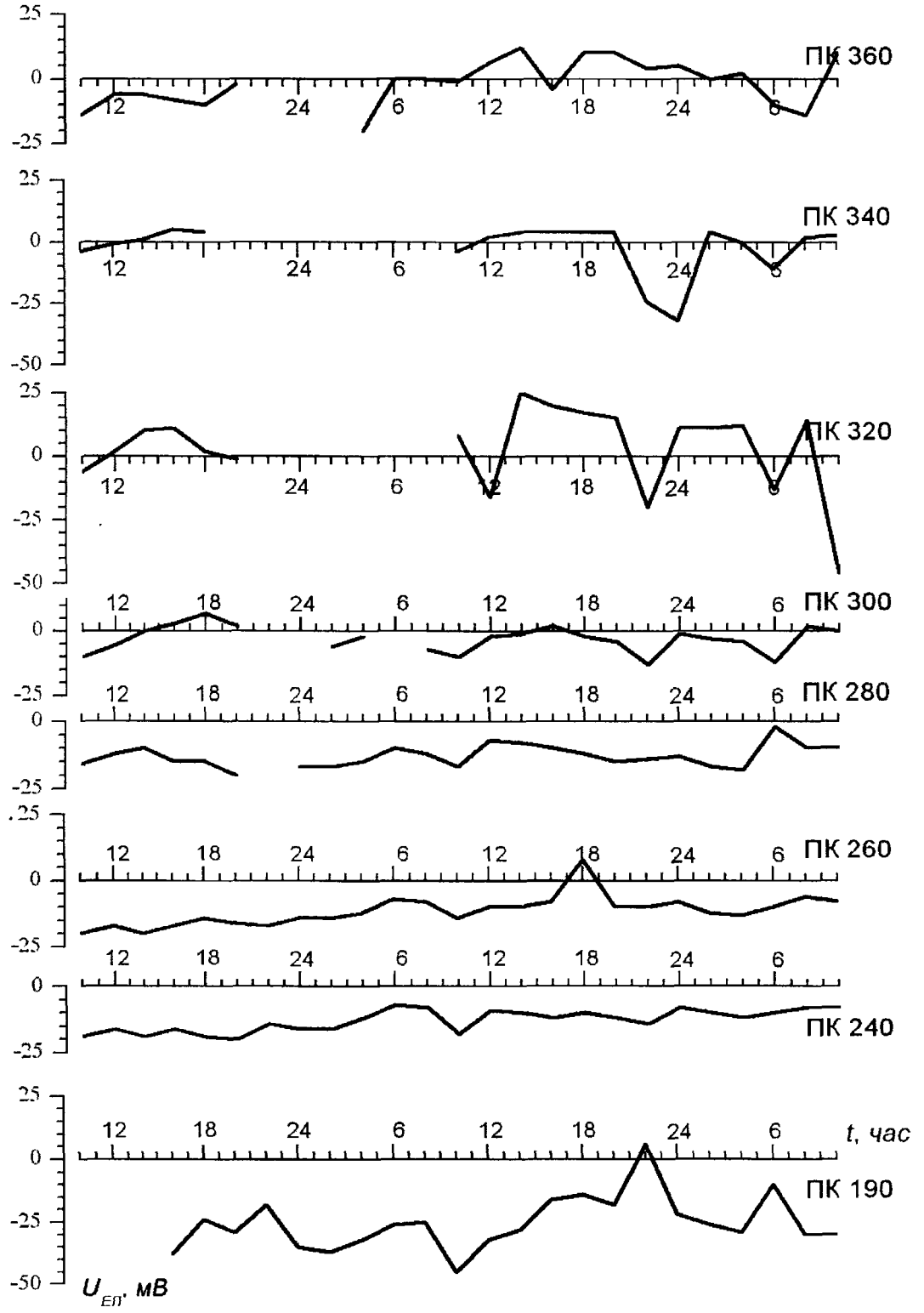


Рис.2.46. Графики зависимости $U_{ЕП}$ от времени, по ПР2 (ПК 120-180) зоны «Ветвистая», измеренные в ясную погоду

На рис. 2.47 – 2.48 приведены примеры вариаций потенциала ЕП измеренные в грозовую погоду (12-13.08.97 г.) по этому же профилю. В эти сутки вариации значительно отличаются от описанных ранее. На многих пикетах наблюдается изменение формы временных разверток в виде нескольких аномальных пиков во вторые сутки (13.08.97 г.) начиная с 10 часов. Наибольшая амплитуда вариаций до 300 мВ наблюдается на ПК 20, 80, 100 и 160. Меньшие по амплитуде изменения поля ЕП в пределах 50...75 мВ наблюдаются на ПК 40, 60, 140, 190, 260.

На рис. 2.49 и 2.50 приведены графики параметров динамики ЕП на ПР 2 в ясную и грозовую погоду. Профиль пересекает центральную часть рудной зоны сложенной кварц-турмалиновыми метасоматитами, где промышленное оруденение выходит на дневную поверхность и вскрыто канавой.

В ясную погоду над зоной наблюдается слабая отрицательная аномалия потенциала ЕП. На графике δU протяженная аномалия с тремя локальными максимумами незначительной амплитуды в центральной части профиля наблюдается над зоной кварц-турмалиновых и кварц-серицитовых метасоматитов, слагающих промышленное рудное тело. При этом локальный максимум на ПК 160 наблюдается над центральной частью рудной зоны, такой же максимум на ПК 120 соответствует рудной залежи, находящейся на глубине. По-видимому, эта залежь ближе подходит к дневной поверхности, но не вскрыта канавой, протяженность которой не достигает ПК 120. Аномалия $\delta U_{ЕП}$ на ПК 40-60 увязывается с минерализованной зоной окварцевания, на ПК 320 с зоной дробления.

На графике $\Delta E_{ЕП}$ повторяются аномалии на тех же пикетах, но интенсивность аномалий над рудным телом примерно в два раза выше. Аномалия такой же интенсивности, наблюдается над зоной дробления на ПК 320.

Следовательно, судя по аномалиям параметра $\Delta E_{ЕП}$ в соответствии с концепцией С.Ю.Баласаняна, на этом профиле энергоактивными каналами являются как промышленная рудная зона, сложенная кварц-турмалиновыми метасоматитами, так и некоторые зоны дробления и тектонические минерализованные зоны, не содержащие продуктивного оруденения.

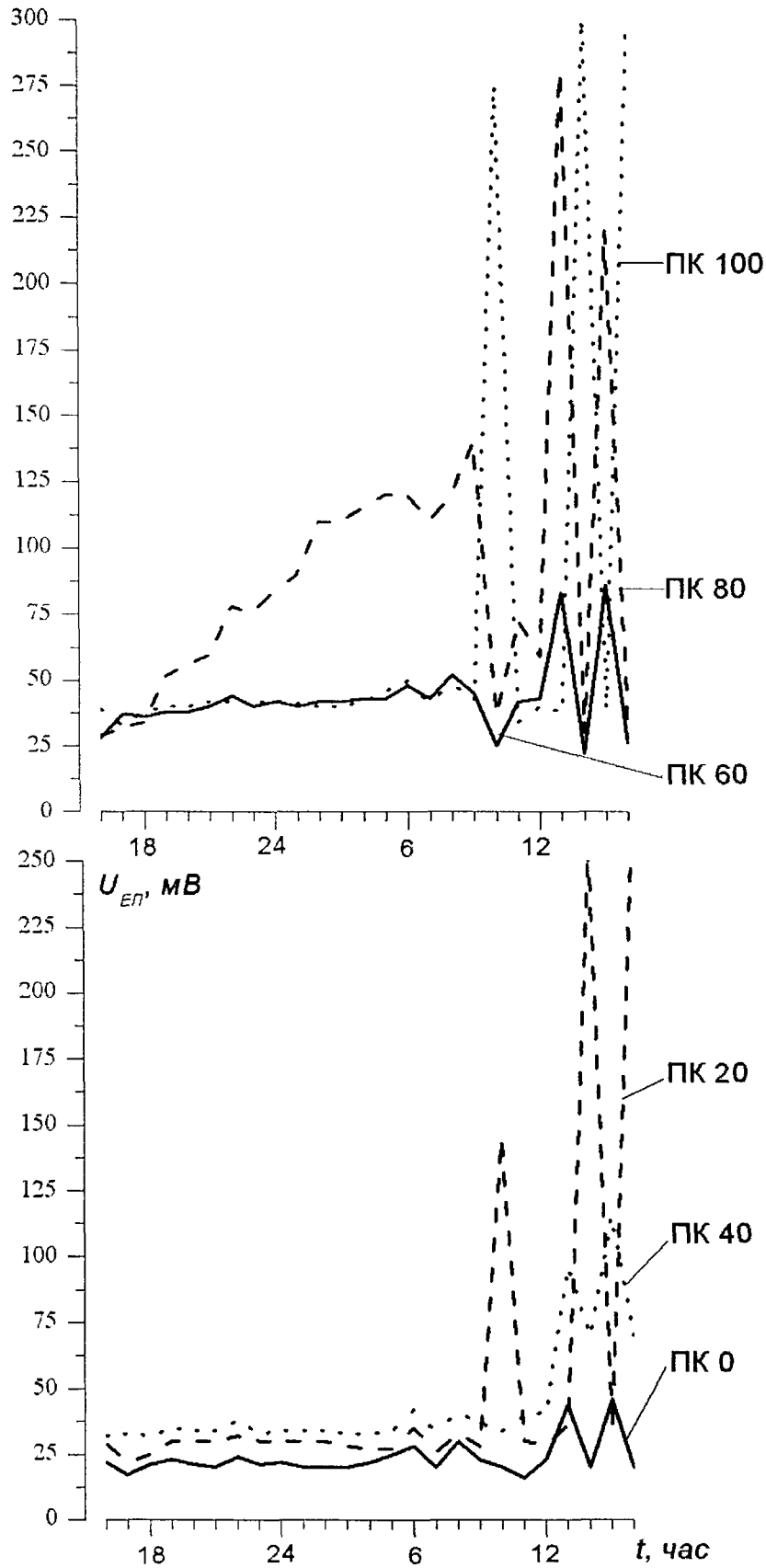


Рис.2.47. Графики зависимости $U_{ЕП}$ от времени, по ПР2 (ПК 0-100) зоны «Ветвистая», измеренные в грозовую погоду

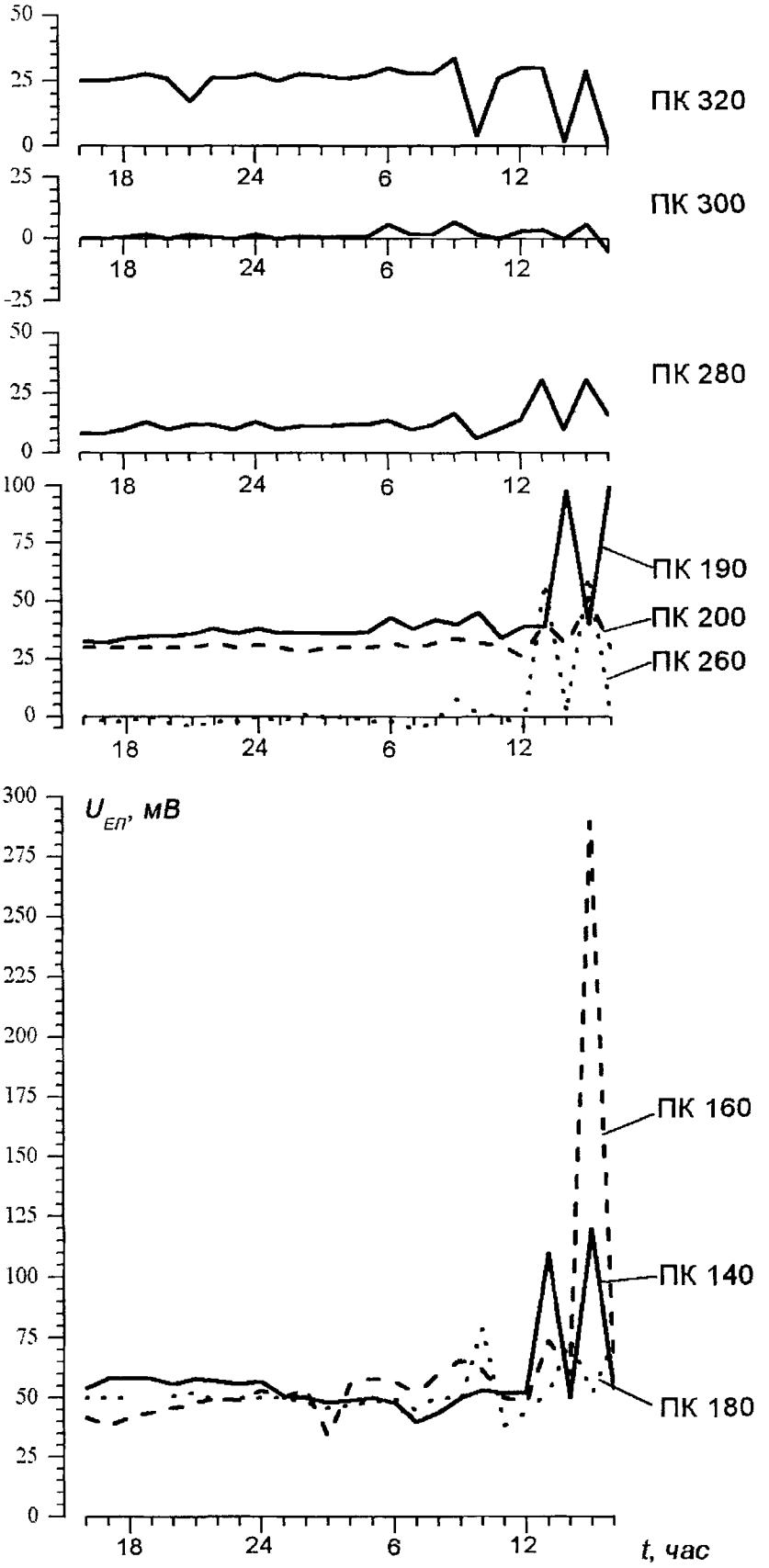
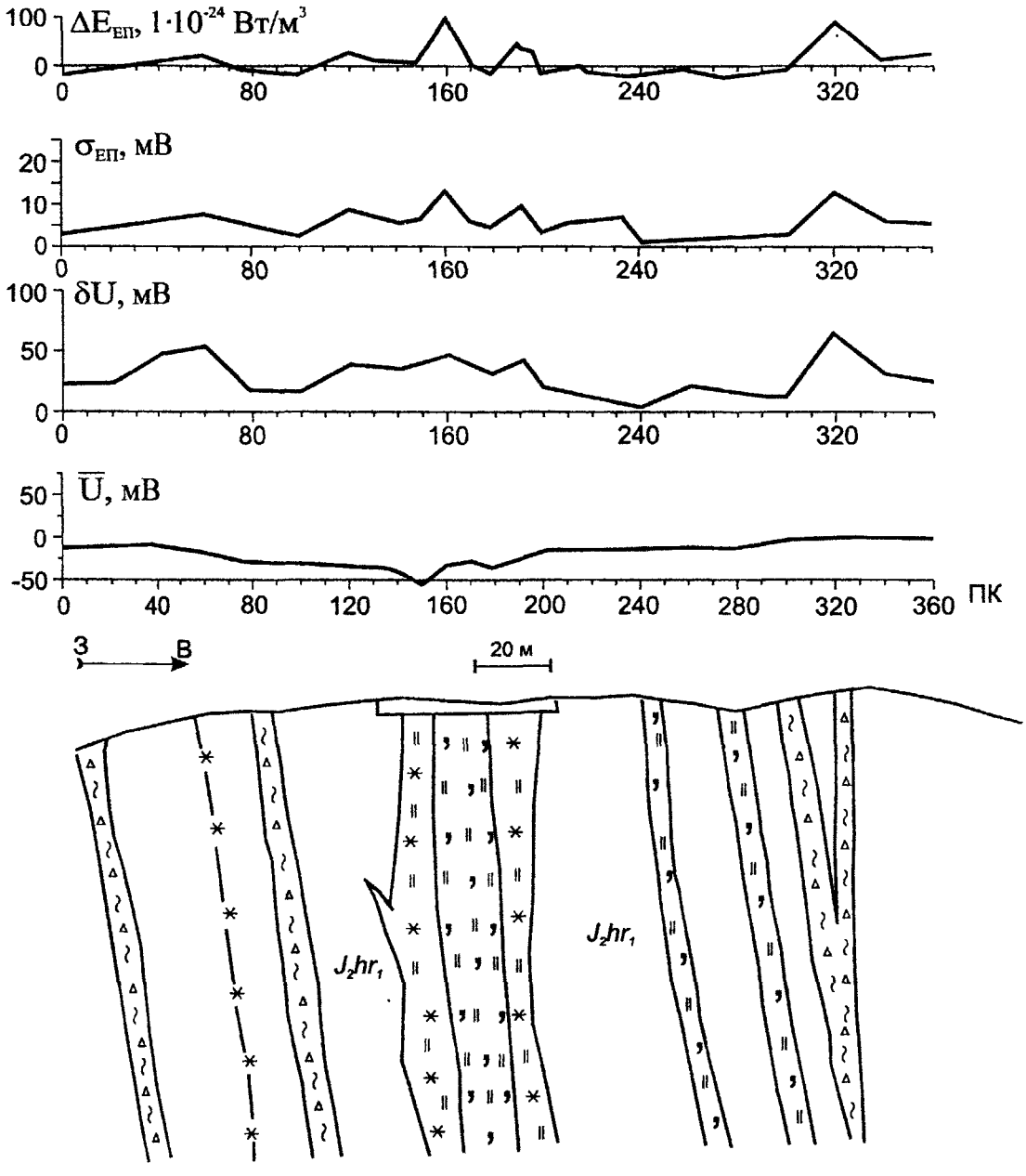
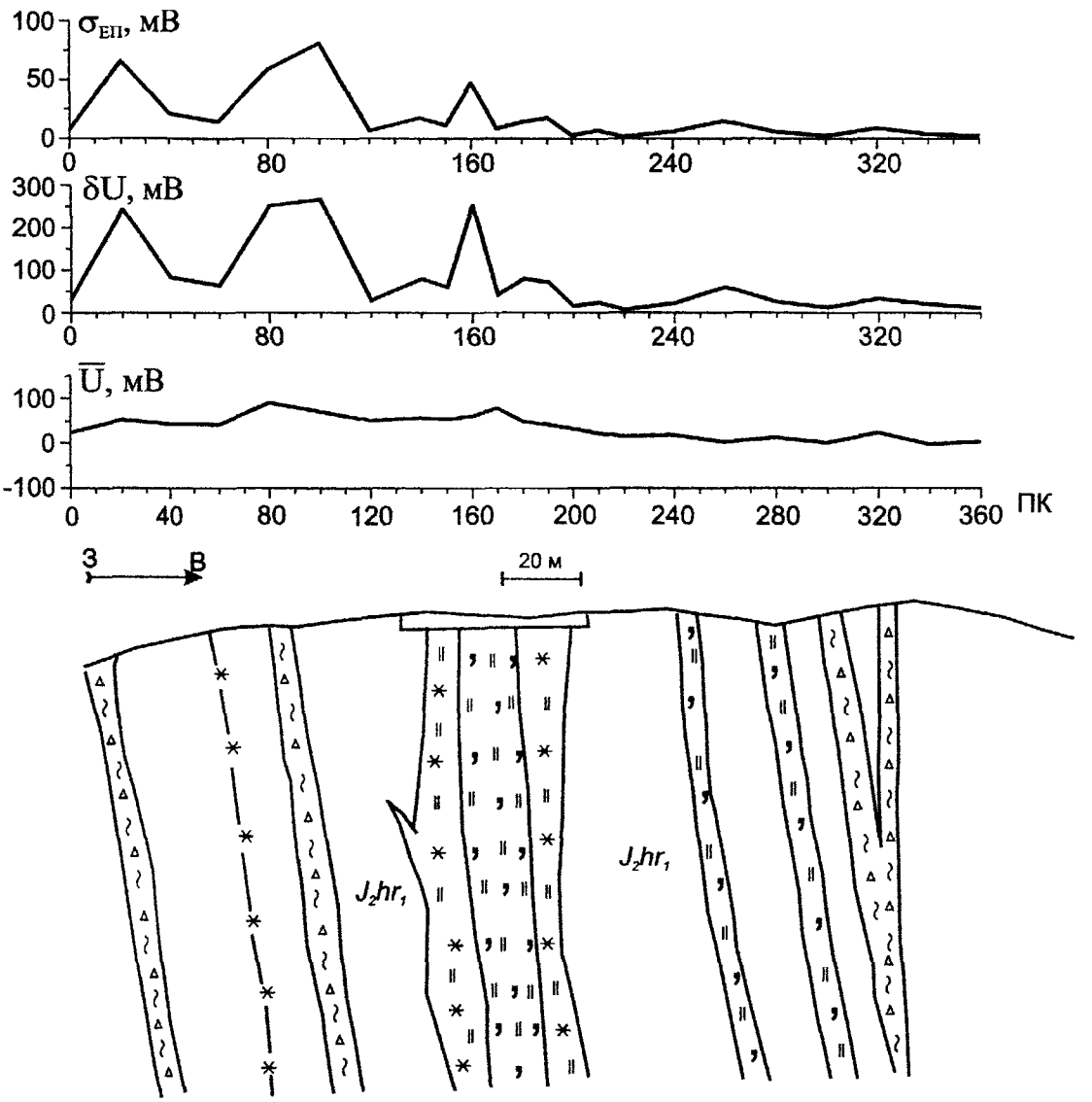


Рис.2.48. Графики зависимости $U_{ЕП}$ от времени, по ПР2 (ПК 140-320) зоны «Ветвистая», измеренные в грозовую погоду



Условные обозначения на рис. 2.41

Рис. 2.49. Графики параметров динамики ЕП по профилю 2 зоны «Ветвистая», полученные в ясную погоду (Геологический разрез по данным Комсомольской партии)



Условные обозначения на рис. 2.41

Рис. 2.50. Графики параметров динамики ЕП по профилю 2 зоны «Ветвистая», полученные в грозовую погоду (Геологический разрез по данным Комсомольской партии)

Сравнение графиков параметров динамики на рис. 2.41 и 2.49 показывает на слабую корреляцию аномалий на профилях, проходящих на расстоянии 100 м друг от друга. Коррелируются только аномалии, наблюдаемые над рудной зоной и соседние с ними аномалии на ПК 220 на ПР 1 и на ПК 190 на ПР 2. Не над всеми зонами дробления наблюдается аномальная динамика параметров ЕП, а лишь над отдельными, являющимися по С.Ю. Баласаняну энергоактивными. Причем энергоактивность зон дробления может меняться по простиранию от нулевой, до аномальной на небольших расстояниях (в данном случае 100 м). Это свидетельствует о том, что энергоактивность зон в пространстве проявляется в виде своеобразных «энергоактивных столбов» (аналог «рудных столбов») в пределах зон.

Графики параметров динамики ЕП, полученные в грозовую погоду (рис. 2.50), отличаются от описанных выше местоположением и амплитудой аномалий. На графике максимальной динамики δU можно выделить несколько аномалий. Первая аномалия, амплитудой более 200 мВ, находится на ПК 20 над правой границей зоны дробления. Аномалия такой же амплитуды на ПК 80-100, так же приурочена к зоне дробления. Основное рудное тело выделяется тремя аномалиями, двумя незначительными (50 мВ) по краям рудного тела на ПК 140, 190 и более интенсивной аномалией (более 200 мВ) над центральной частью рудного тела на ПК 160. Локальная аномалия, амплитудой до 50 мВ на ПК 260 в правой части разреза находиться между тектоническими зонами.

Такие же максимумы, но меньшей амплитуды наблюдаются на графике $\sigma_{ЕП}$, который полностью дублирует график δU.

На рис. 2.51 – 2.52 приведены вариации магнитного поля по ПР 2, измеренного в ясную погоду. На рисунках видно, что наиболее выраженные искажения регулярности вариаций наблюдаются на ПК 160, 170 над центральной частью основной рудной зоны. Характерно, что на этих пикетах наблюдается противофазность вариаций, как это было отмечено выше на ПР 1 над центральной частью рудной зоны и на ряде тектонических зон. Такая же противофазность вариаций наблюдается на ПК 150 и 180 слева и справа от центральной

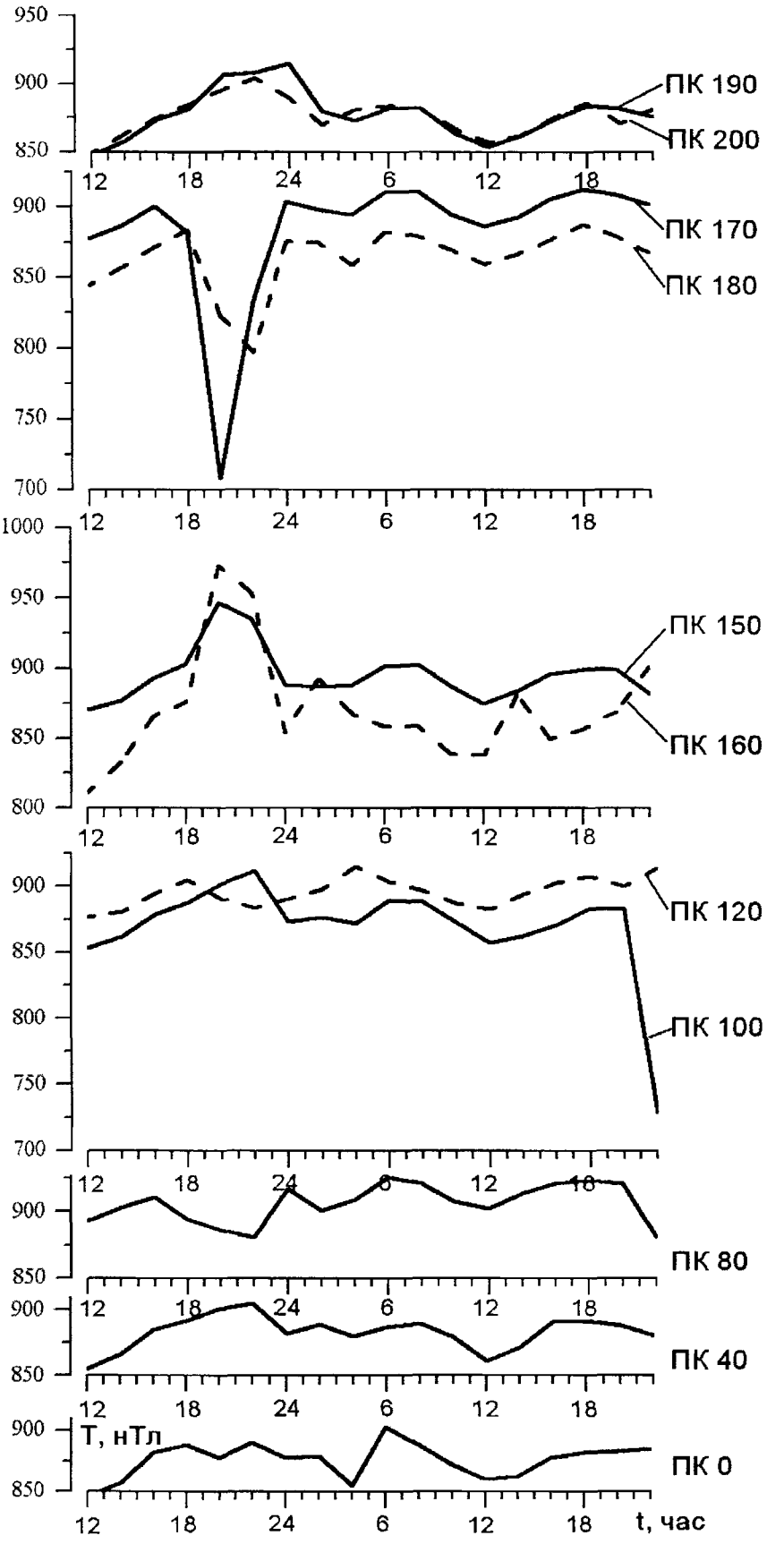


Рис.2.51 . Графики зависимости Т от времени, по ПР2 (ПК 0-200) зоны «Ветвистая», измеренные в ясную погоду

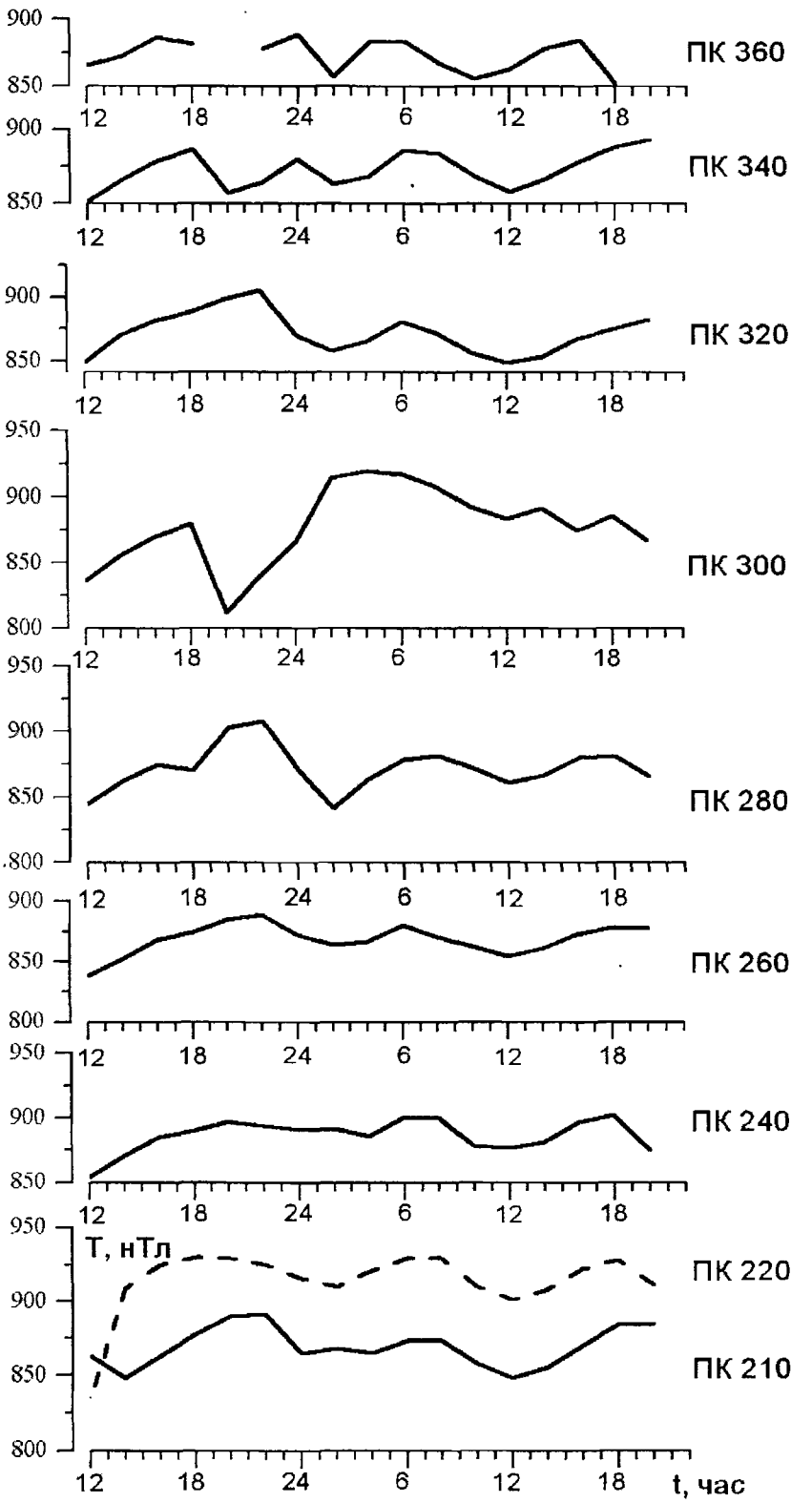


Рис.2.52. Графики зависимости Т от времени, по ПР2 (ПК 210-360) зоны «Ветвистая», измеренные в ясную погоду

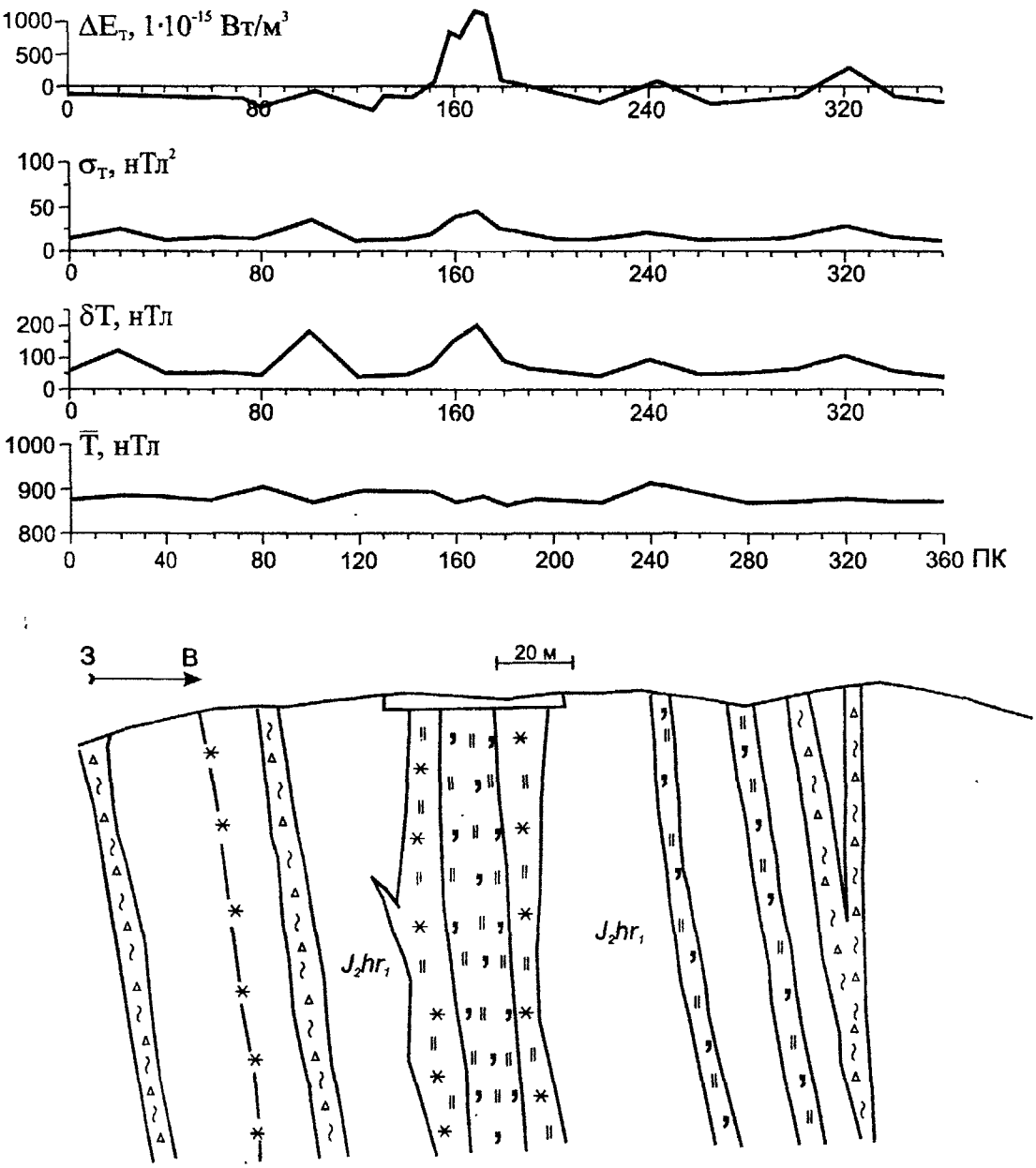
зоны. Менее выраженные аномальные искажения вариаций наблюдаются на ПК 280, 300, 320, где на геологическом разрезе находится серия сближенных тектонических зон разного состава. Причем на ПК 280 и 300 вариации противофазны.

На рис.2.53 приведены графики параметров динамики магнитного поля, полученные по ПР 2 в ясную погоду. График статического поля Т имеет спокойный характер со слабыми положительными аномалиями над зонами дробления ПК 80 и 240. Над рудной зоной четких аномалий Т нет.

На графиках δT и σ_T четкие положительные аномалии наблюдаются непосредственно над центральной частью промышленного рудного тела, выходящим к дневной поверхности. Вторая такая же по интенсивности аномалия наблюдается на ПК 90, 100. Она сдвинута по падению зоны дробления, выходящей на дневную поверхность на ПК 80. Аномалии δT и σ_T меньшей интенсивности наблюдаются так же над зонами дробления на ПК 20, 240 и 320. Сравнение рисунков 2.50 и 2.53 показывает, что лишь на ПК 320 одновременно наблюдаются аномалии параметров динамики магнитного поля и ЕП. Основные зоны дробления, отмеченные аномалиями динамики магнитного поля, аномалиями динамики ЕП не отмечаются. Следовательно, зоны дробления поразному проявляют себя в динамике параметров ЕП и магнитного поля.

На графике ΔE_T наблюдается лишь одна четкая положительная аномалия над рудным телом.

Таким образом, из рассмотренных материалов следует, что суточные вариации и параметры динамики естественного и магнитного поля дают важную геологическую информацию. При этом аномалии динамики ЕП и МП в одних случаях пространственно совпадают, в других нет, но дополняют друг друга. В частности, на рудной зоне «Ветвистой» наиболее четкие аномалии непосредственно над промышленным рудным телом наблюдаются у вариаций и параметров динамики магнитного поля. Характерной особенностью вариаций магнитного поля является их противофазность слева и справа от центра рудной зоны. При этом наиболее контрастно рудное тело фиксируется аномалией ΔE_T. Аномалии разной интенсивности других параметров наблюдаются как над рудным телом, так и над отдельными зонами дробления.



Условные обозначения на рис. 2.41

Рис. 2.53. График параметров динамики МП по профилю 2 зоны «Ветвистая», полученные в ясную погоду (Геологический разрез по данным Комсомольской партии)

Среди параметров динамики ЕП аномалии $\Delta E_{ЕП}$ также наиболее четко фиксируют положение промышленного рудного тела, хотя аналогичные по интенсивности аномалии наблюдаются над отдельными зонами дробления. Аномалии $\delta U_{ЕП}$ и $\sigma_{ЕП}$ наблюдаются как над рудным телом, так и над другими неоднородностями геологического разреза – дайками гранодиорит-порфиров, отдельными зонами дробления и минерализованными зонами окварцевания. В одних случаях аномалии параметров динамики коррелируются с аномалиями статических параметров ЕП и МП, в других сопровождается спокойным магнитным и естественным электрическим полем.

Все измеряемые параметры динамики ЕП весьма сильно зависят от погодных условий измерений. При этом аномалии параметров динамики магнитного поля, в разных погодных условиях, меняя свою амплитуду и протяженность, практически не меняют своего пространственного положения, однозначно увязываясь с выходом к дневной поверхности рудных зон. Аномалии динамики ЕП могут менять свое пространственное положение в зависимости от направления движения грозовых электрически заряженных туч.

Исследованиями на зоне «Ветвистая» подтвердились закономерности аномальной суточной динамики установленные на зоне «Соболиная».

- Аномальная динамика ЕП над основной рудной зоной наблюдается только в грозовую погоду, хотя над отдельными тектоническим зонами аномалии установлены и в ясную и в грозовую погоду.

- Наиболее интенсивные аномалии параметров динамики МП в любую погоду наблюдаются над основной рудной зоной.

- Многие тектонические нарушения так же отмечаются аномальной динамикой, часто меньшей интенсивности. Причем в разные сутки аномалии создают разные тектонические зоны.

- Графики параметров $\delta U_{ЕП}$ и $\sigma_{ЕП}$, δT и σ_T дублируют друг друга, поэтому построение графиков $\sigma_{ЕП}$ и σ_T излишне.

2.2.3. Зона «Майская»

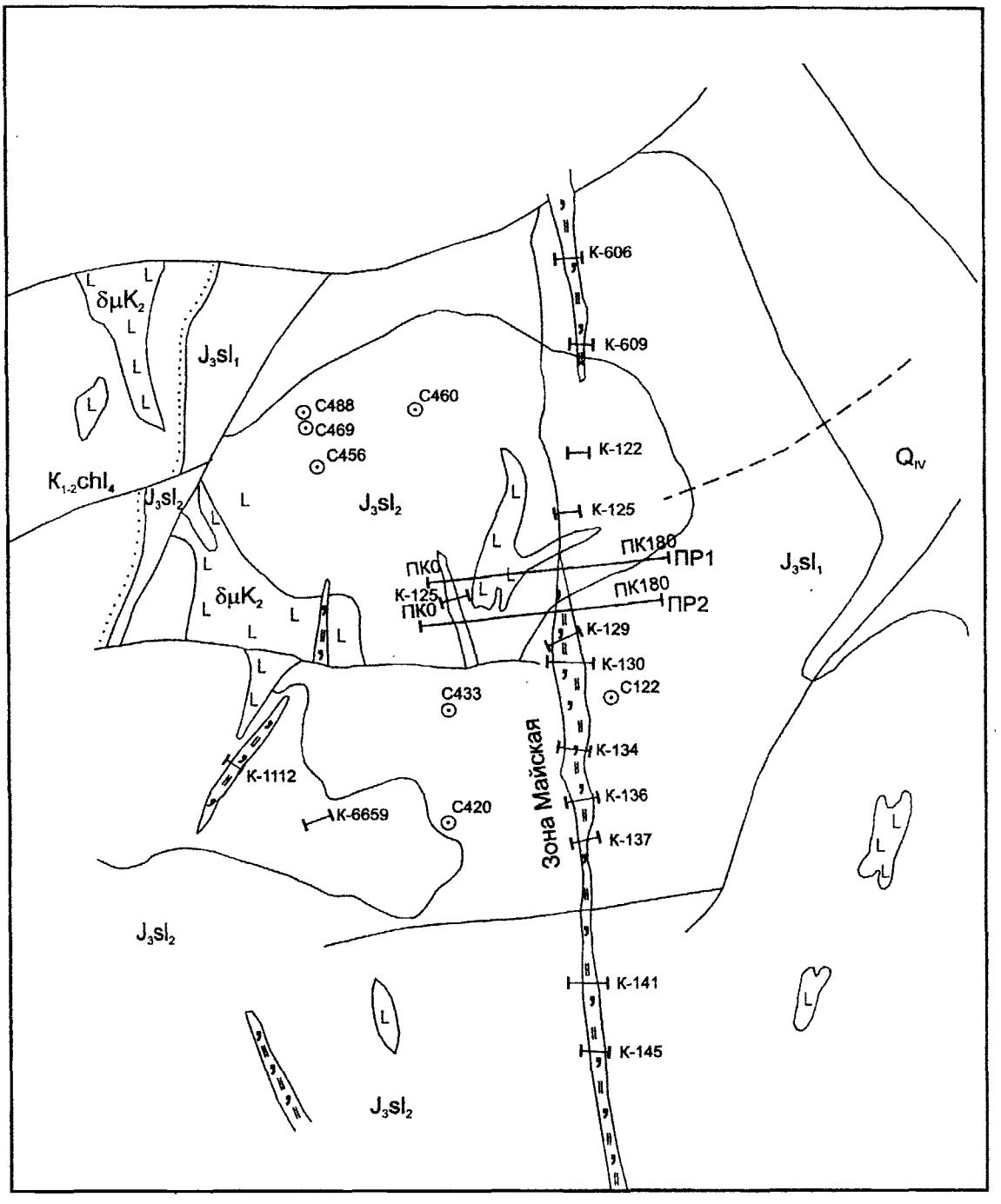
Рудная зона «Майская» Перевального месторождения расположена в позднеюрских и раннемеловых терригенно-осадочных отложениях. Позднеюрские породы представлены алевролитами, песчаниками, кремнисто-глинистыми породами и осадочными брекчиями. На отдельных участках они прорываются позднемеловыми вулканоплутоническими диабазовыми порфиритами. Зона минерализации простирается с севера на юг и связана с крупным разрывным нарушением, к которому приурочены процессы гидротермального рудообразования. Мощность ее в пределах участка исследований меняется от 10 до 50 м с некоторым увеличением на глубине, Падение зоны крутое, под углом 80° на запад.

Объект исследований расположен в центральной части зоны «Майская» (рис. 2.54). Он представляет собой оловянное оруденение, контролирующееся крутопадающими жилообразными телами кварцевых турмалинитов, либо жилами кварца. По геологическим данным оруденение не выходит за пределы этих жильных тел. Рудные образования приурочены только к осевым жилам, локализованным непосредственно в шовной части рудоносной структуры. В оперяющих трещинах оруденение проявлено слабо. Рудные тела («рудные столбы») занимают незначительную часть продольной плоскости рудной зоны, большая часть которой приходится на безрудные турмалиниты. Размах оруденения достигает значительных глубин. Сульфиды образуют скопления преимущественно на верхних горизонтах, слагая так называемый сульфидный чехол.

В целом в рудной зоне «Майская» выделяются три минеральные ассоциации: касситеритовая, халькопиритовая и галенит-сфалеритовая. Преобладает халькопиритовая, касситеритовая значительно уступает ей, но в основном она обеспечивает промышленный тип руд.

Минеральный состав рудной зоны весьма разнообразен - касситерит, арсенопирит, галенит, сфалерит, пирит и другие.

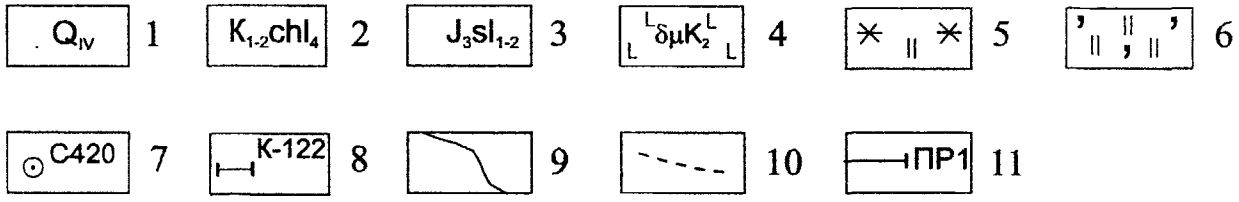
М 1:5000



Условные обозначения на стр. 117.

Рис. 2.54. Геологическая схема рудной зоны «Майская»
(по данным Комсомольской партии)

Условные обозначения к рис. 2.54



1 – верхнечетвертичные отложения (аллювиальные галечники, валунники, глина, суглинки); 2 - верхнемеловые осадочно-вулканогенные и вулканогенные образования, представленные холдаминской свитой (туфы кварцевых порфиритов, туфоконгломераты и туфопесчаники, туфогравелиты); 3 – позднеюрские породы представленые алевролитами, песчаниками, кремнисто-глинистыми породами и осадочными брекчиями; 4 – дайки позднемеловых вулкано-плутонических диабазовых порфиритов; 5 - кварц-турмалиновые образования; 6 - кварц-серицитовые образования; 7 – скважины и их номера; 8 – канавы и их номера; 9 - границы между возрастными образованиями; 10 - предполагаемые разрывные нарушения; 11 - профили исследований.

По данным спектрального анализа кроме олова руды обогащены свинцом, цинком, медью. Присутствуют вольфрам, висмут, индий, кадмий.

В отличие от выше описанных, наблюдения на зоне «Майской» проводились после длительной засухи, в условиях повышенной интенсивности внешних суточных физических воздействий. Графики суточных вариаций температуры воздуха и почвы, атмосферного давления и полного вектора магнитного поля приведены на рис. 2.55.

На площади Перевального месторождения геофизической экспедицией ПГО «Дальгеология» ранее были проведены работы методами ВП и магниторазведки. Карты изолиний ΔZ, $\eta_к$ и $\rho_к$ на площади зоны «Майская» приведены соответственно на рис.2.56-2.58. Большая часть зоны находится в пределах аномалии поляризуемости (до 16%) и в знакопеременном магнитном поле, значения $\rho_к$ в пределах зоны меняются от 300 до 1000 Ом·м.

На рис. 2.59 - 2.60 приведены примеры графиков временных вариаций ЕП по ПР 1, полученные в ясную погоду (1-3.08.98 г.). Графики в корне отличаются от наблюдаемых на зонах «Соболиная» и «Ветвистая». Они совершенно не похожи на фоновые вариации предыдущих объектов, отличающихся регулярностью и спокойным характером. Нарушения регулярности вариаций наблюдаются практически на всех точках профиля. Внимательный анализ позволяет условно разделить временные вариации, полученные в ясную погоду, на несколько типов. Первый тип, в единственном числе, наблюдается на ПК 20 над указанной на разрезе зоной, сложенной кварц-серицитовыми метасоматитами. На ПК 40, 60, 80 над штоком диабазов наблюдаются вариации, близкие по форме, которые условно можно отнести к одному (второму) типу. На каждом из ПК 100, 110, 120 находящихся над выходом к поверхности рудной зоны, вариации индивидуальны по форме, которые не объединяются не в один тип. Вариации на ПК 130÷160 схожи в общих чертах и условно могут быть объединены в один (третий) тип.

Амплитуда вариаций на всех точках профиля примерно одинакова, поэтому графики параметров динамики, приведенные на рис. 2.63, маловыразительны, а рудная зона достоверными аномалиями не выделяется.

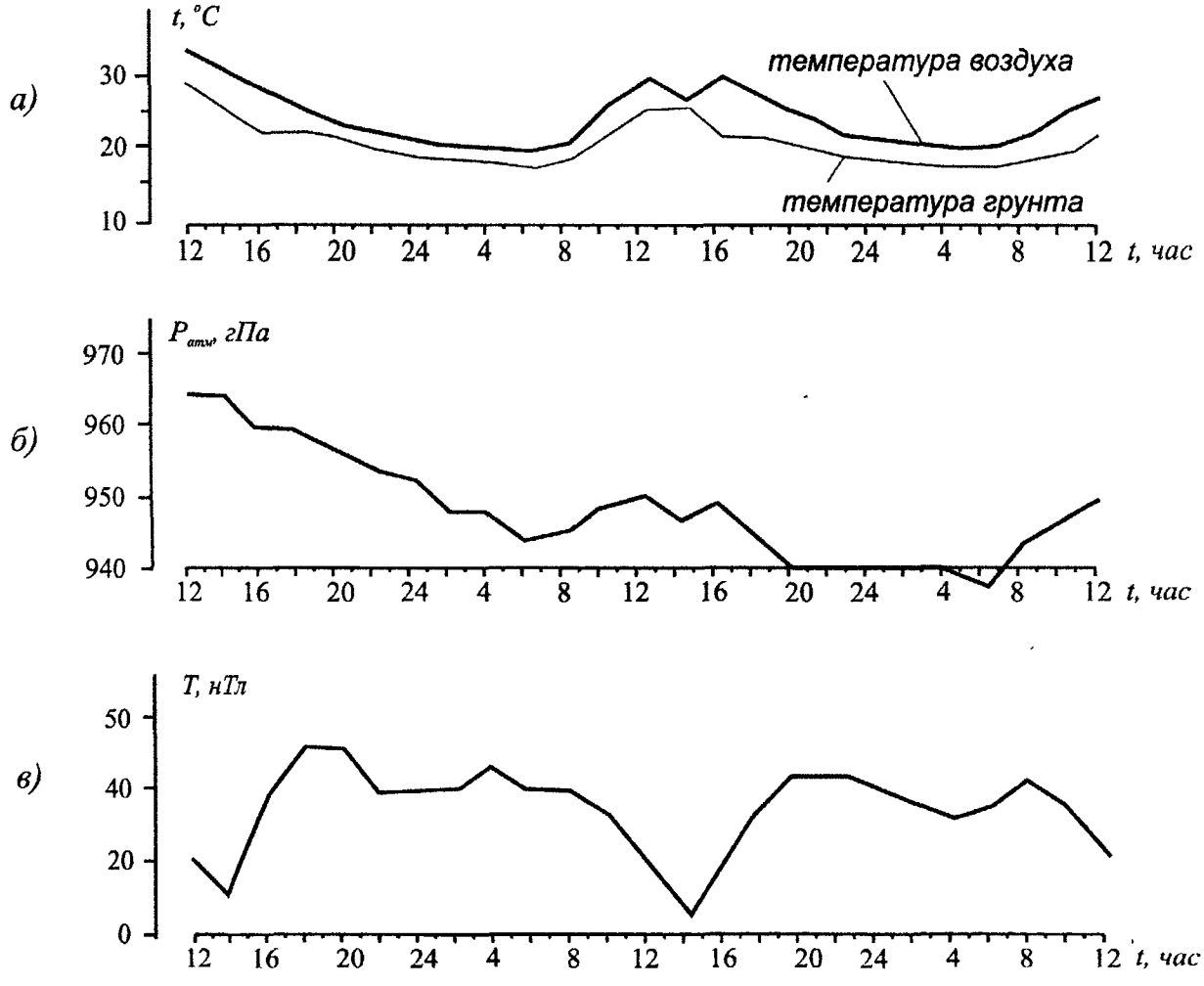


Рис. 2.55. Графики суточных вариаций температуры грунта и воздуха (а), атмосферного давления (б), магнитного поля (в) в районе зоны «Майская», измеренных в ясную погоду

М 1:5000

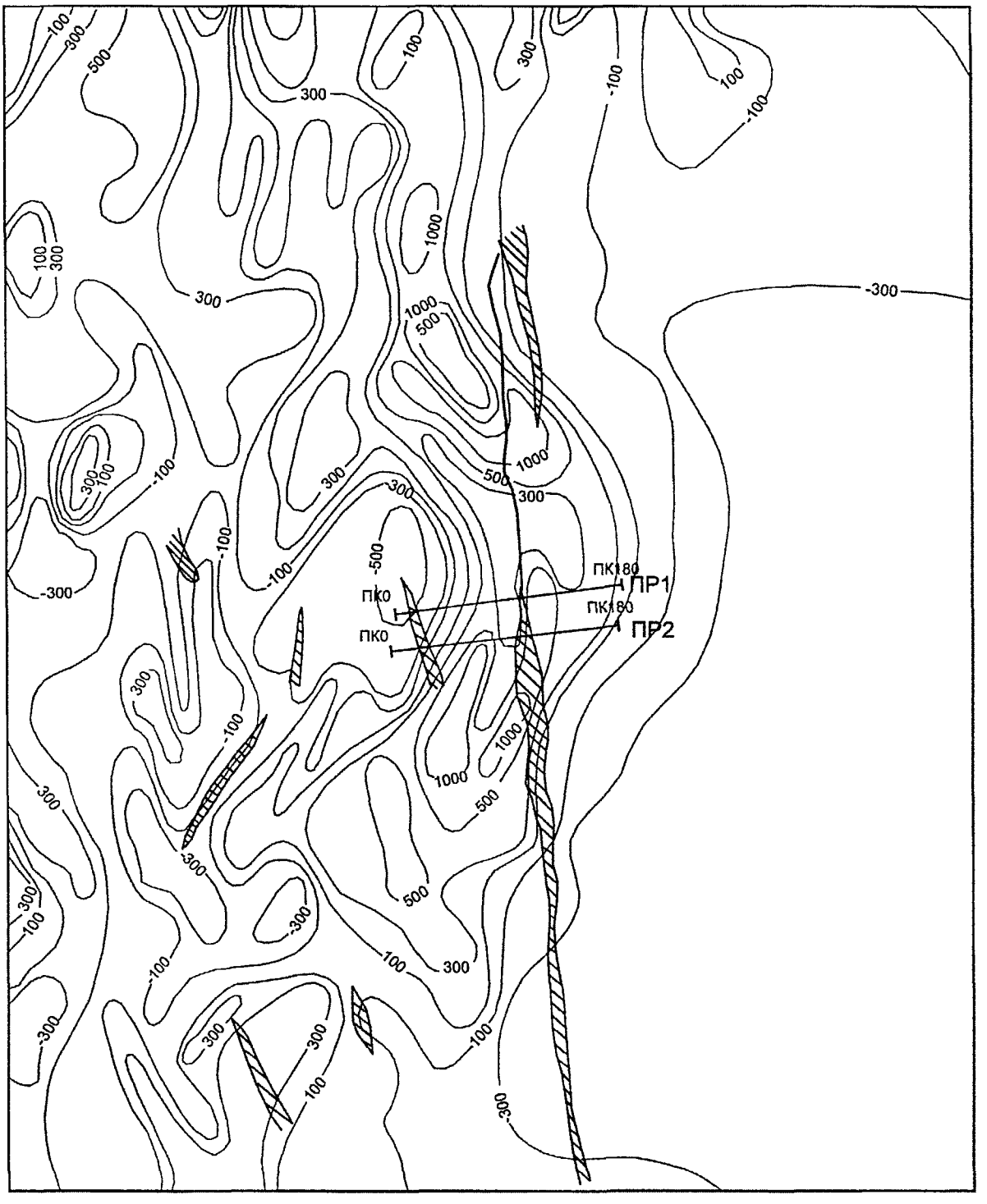


Рис. 2.56. Карта изолиний ΔZ, полученная геофизической партией ГФЭ ПГО «Дальгеология» на площади зоны «Майская» Перевального месторождения

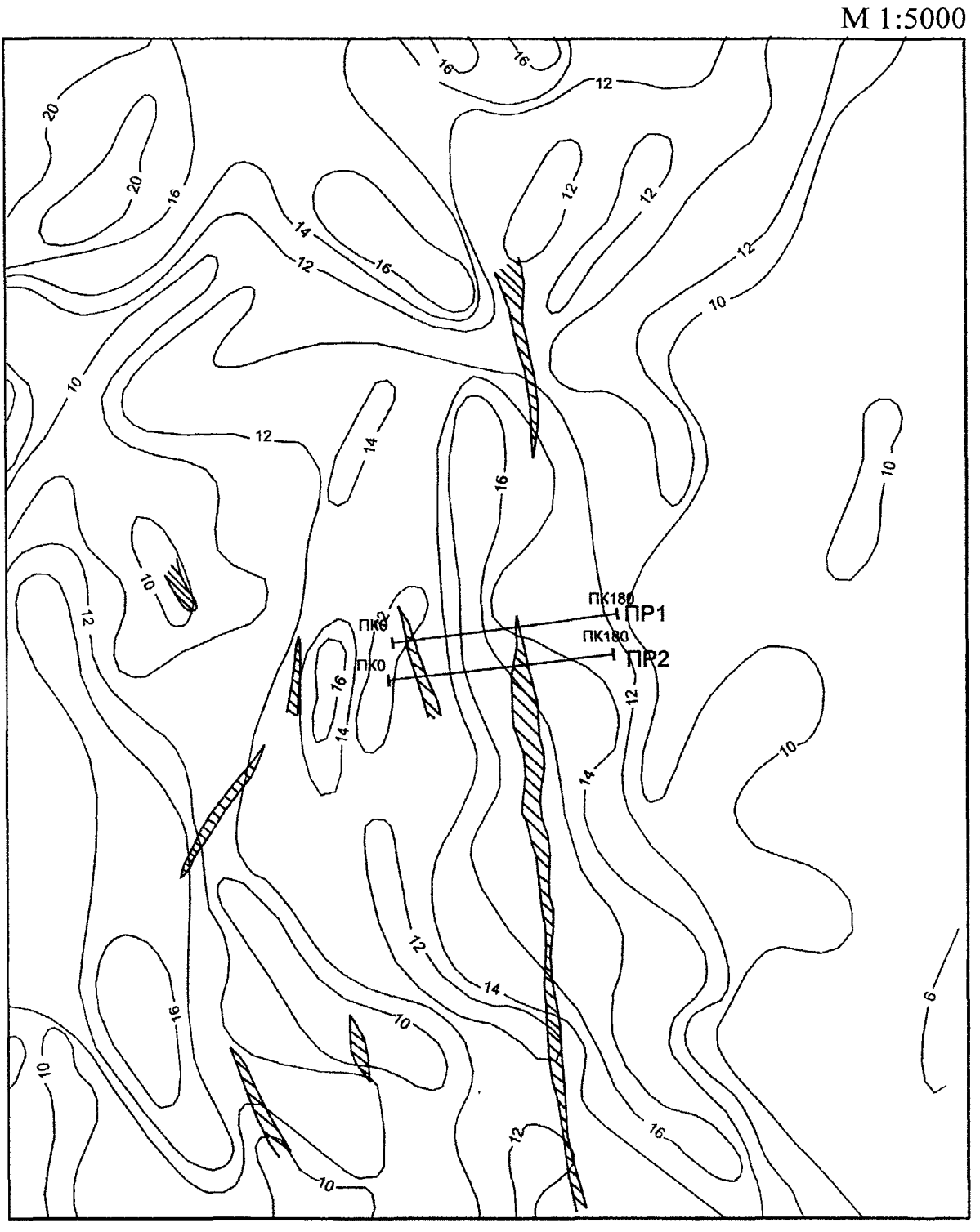


Рис. 2.57. Карта изолиний η_k, полученная геофизической партией ГФЭ ПГО «Дальгеология» на площади зоны «Майская» Перевального месторождения

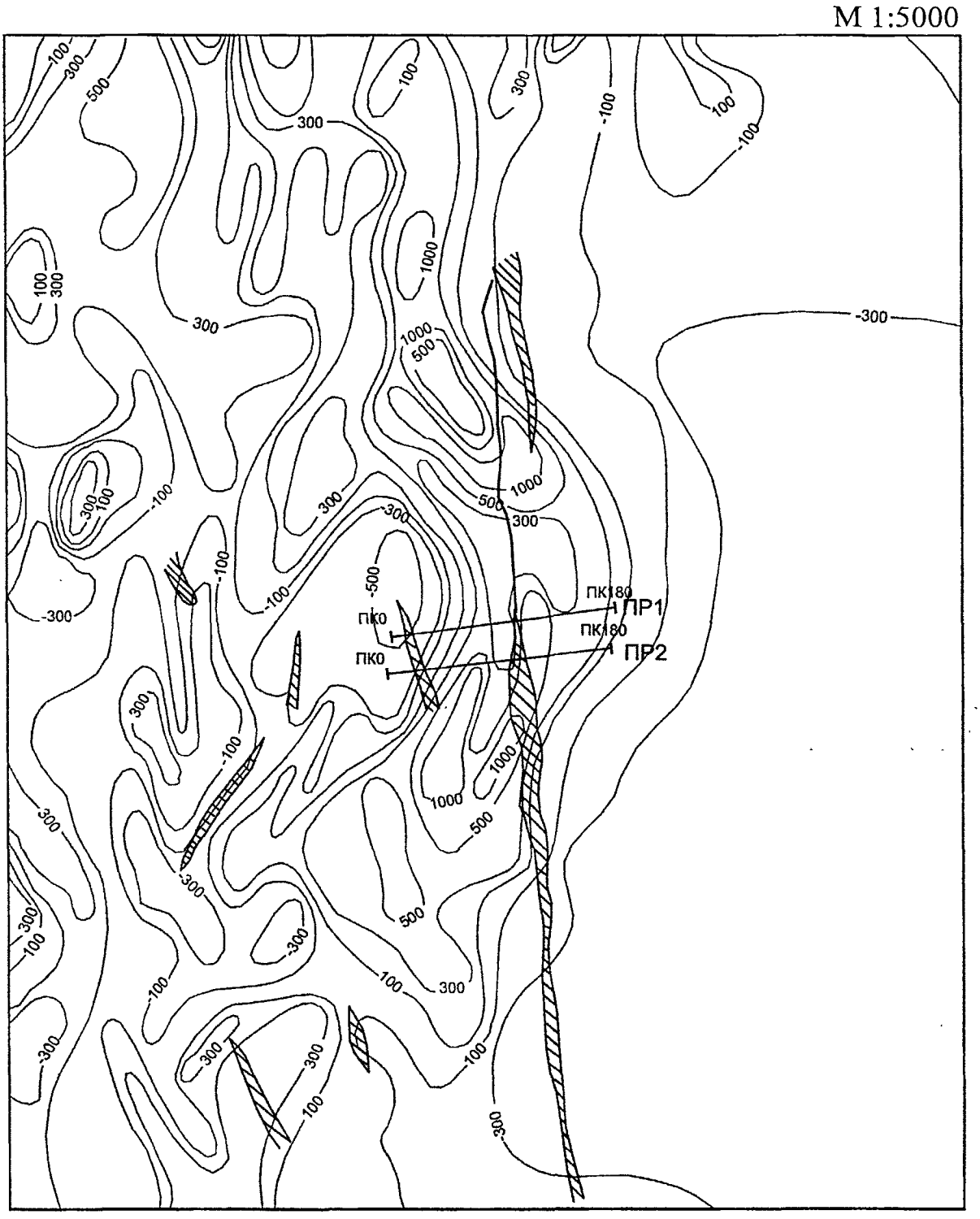


Рис. 2.58. Карта изолиний ρ_k, полученная геофизической партией ГФЭ ПГО «Дальгеология» на площади зоны «Майская» Перевального месторождения

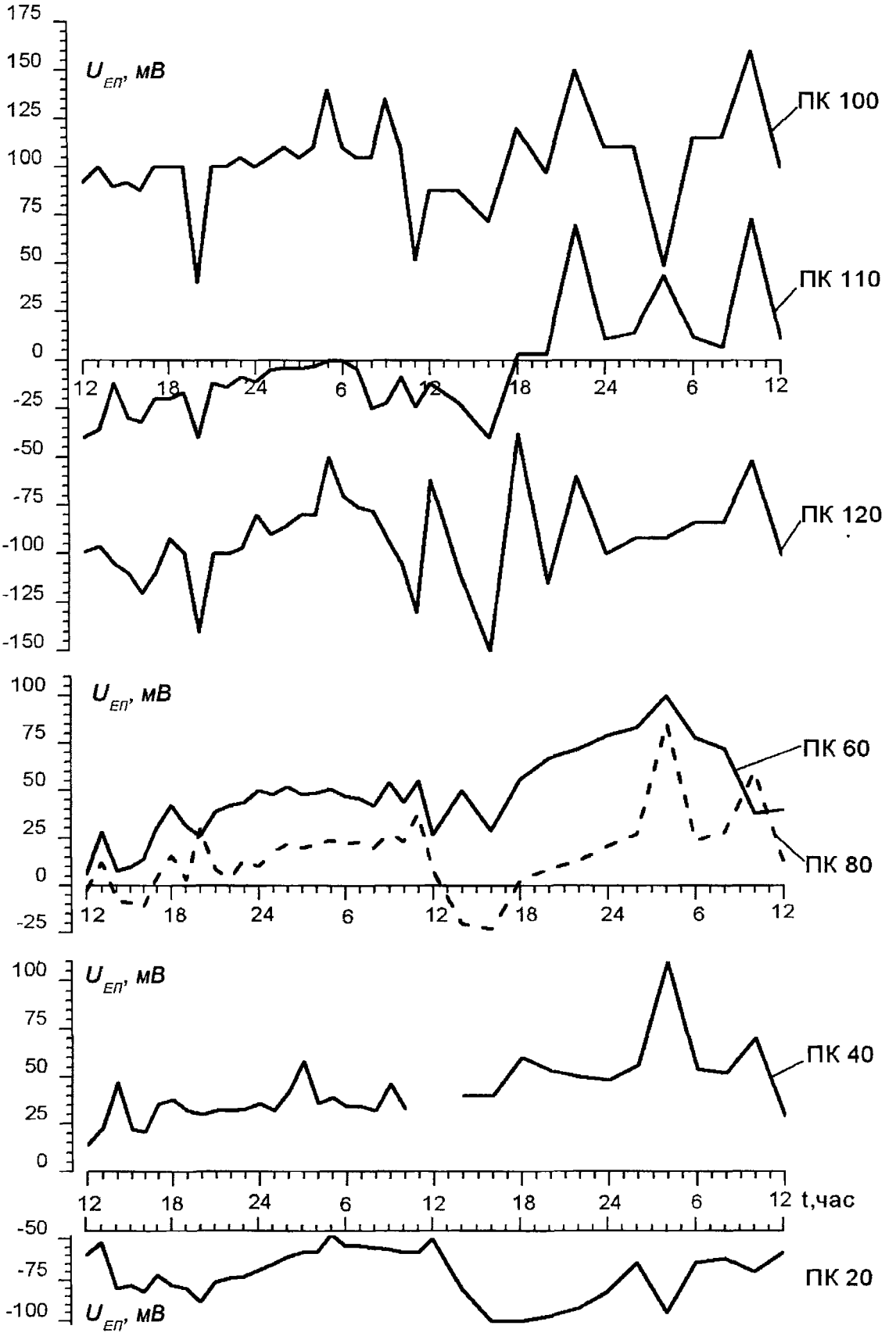


Рис.2.59. Графики зависимости $U_{ЕП}$ от времени t, по ПР1 (ПК 20-120) зоны «Майская», измеренные в ясную погоду

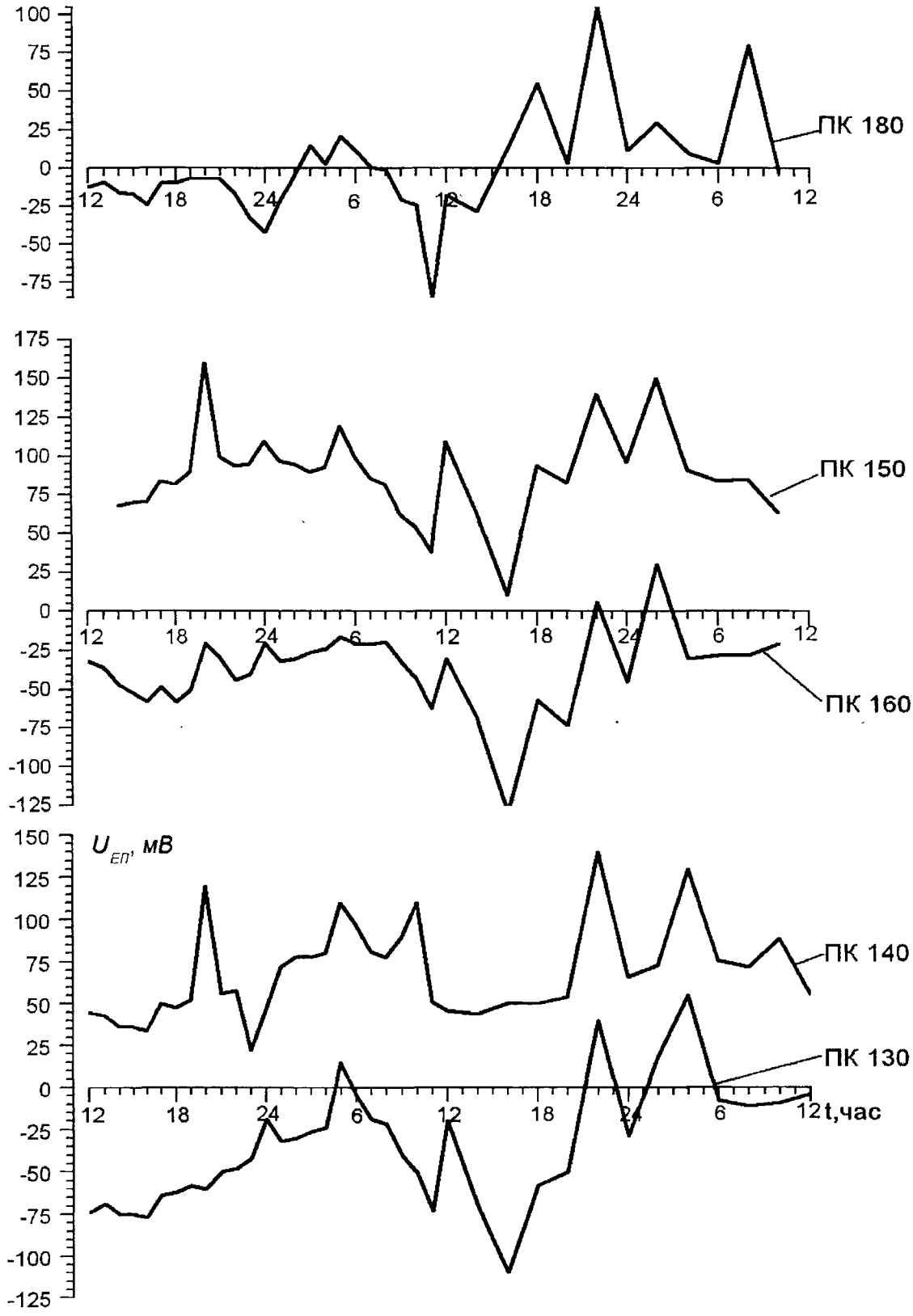


Рис.2.60. Графики зависимости $U_{ЕП}$ от времени t, по ПР1 (ПК 130-180) зоны «Майская», измеренные в ясную погоду

Вариации, полученные в грозовую погоду (25-26.07.98 г.), приведены на рис. 2.61 - 2.62. Вариация на ПК 20 отличается от остальных. На ПК 40, 60, 80 они практически однотипны. Над рудной зоной (ПК 100,110) вариации близки по форме и отличаются от остальных. Хотя на ПК 20 их форма несколько отличается. На ПК 140, 150 вариации однотипны. Различные формы кривых, не укладываются в один тип, наблюдаются на ПК 160, 180. Причина такого многообразия вариаций на ПК 140-180 не ясна, геологический разрез в этой части однороден (рис. 2.64).

На рис. 2.65 приведены вариации магнитного поля по ПР 1, полученные в ясную погоду (1-3.08.98 г.). Они отличаются постоянством формы и амплитуды, в том числе и над рудной зоной, которая никаких нарушений их регулярности не создает. Заметное повышение параметра максимальной динамики наблюдаемое на ПК 90 и, особенно на ПК 130, на геологическом разрезе объяснений не находит (рис. 2.66).

На рис. 2.67, 2.68 приведены вариации ЕП, полученные по ПР 2 в ясную погоду 1-3.08.98 г. Поражает амплитуда вариаций в левой части профиля, которая постепенно уменьшается с запада на восток в соответствии с понижением рельефа (рис.2.71). На ПК 20-60 вариации однотипны и отличаются наличием пяти пиков в разное время суток. Форма вариаций примерно одинакова во всех остальных точках профиля, в том числе и над рудной зоной.

На рис. 2.69 - 2.70 приведены вариации потенциала ЕП по ПР 2, полученные в грозовую погоду 25-26.07.98 г. Интересным фактом является то, что в грозовую погоду на большинстве пикетов амплитуда вариаций оказалась меньше, чем в сухую, ясную погоду. Этот факт с учетом рельефа местности свидетельствует в пользу капиллярной гипотезы С.С. Смирнова о природе ЕП в породах и ее близповерхностном генезисе. Анализ формы вариаций позволяет условно разделить их на четыре типа. Первый тип наблюдается на ПК 20 в одной точке. Второй тип наблюдается на ПК 100-130, т.е. над рудной зоной. Однотипные кривые наблюдаются на ПК 60, 80. Четвертый тип вариаций наблюдается на ПК 150, 160, 180.

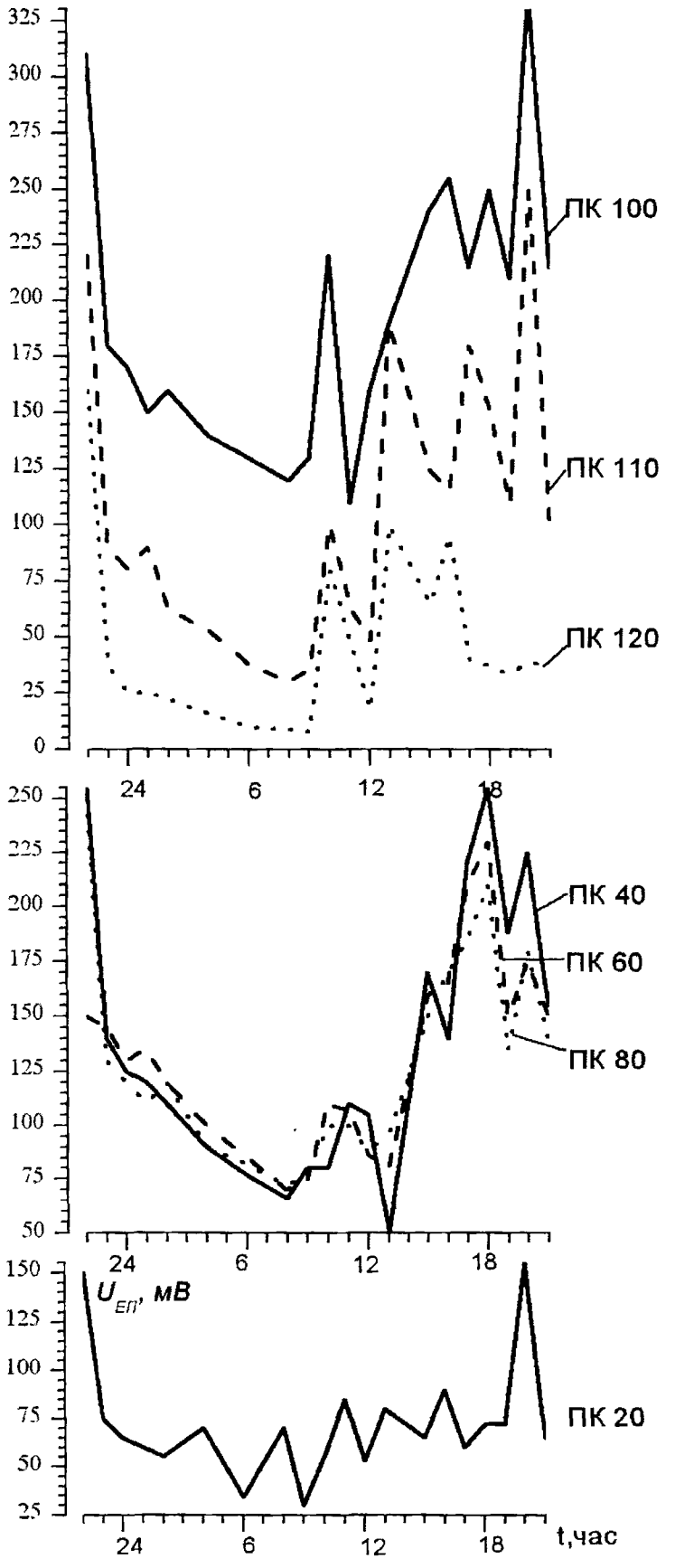


Рис.2.61. Графики зависимости $U_{ЕП}$ от времени t, по ПР1(ПК 20-120) зоны «Майская», измеренные в грозовую погоду

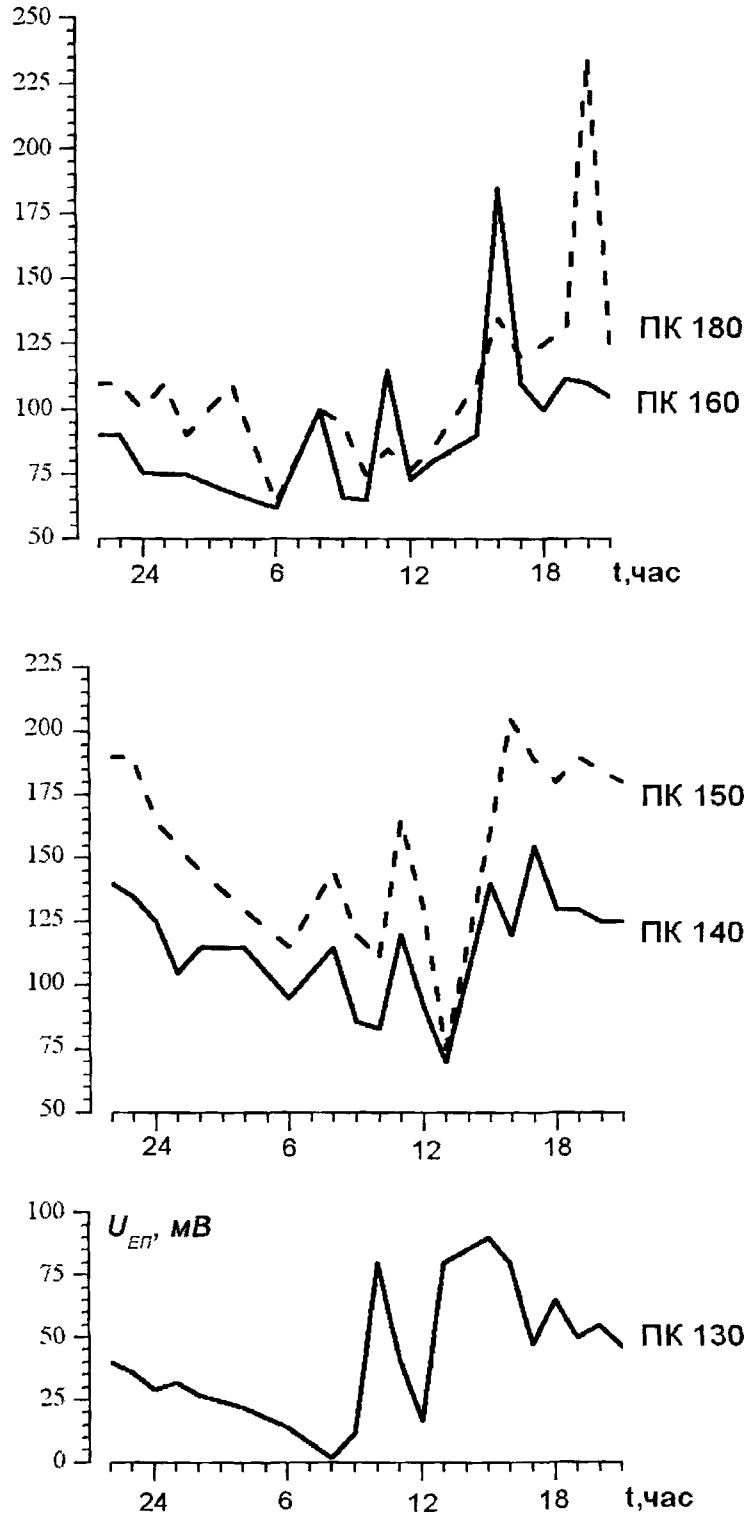
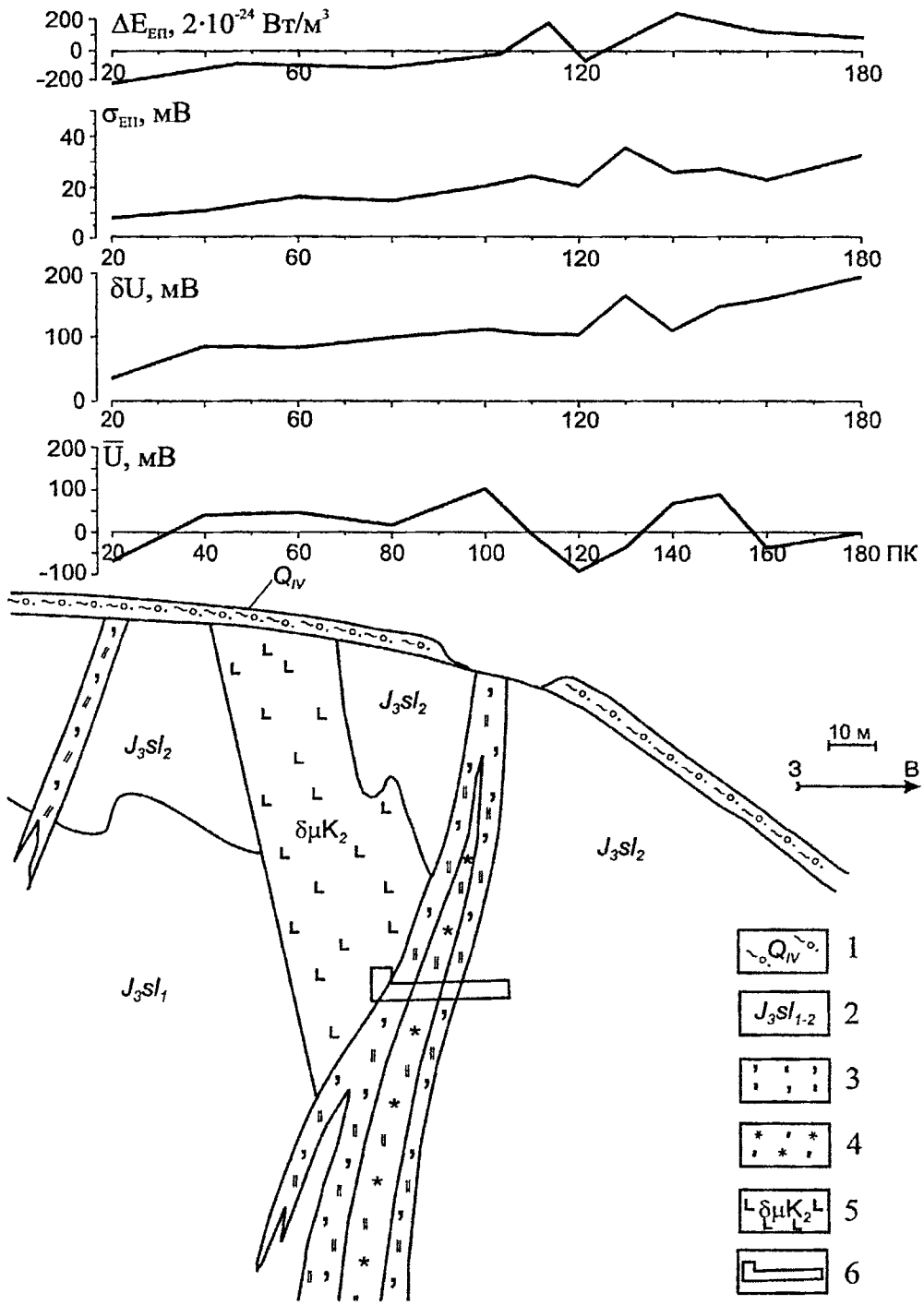


Рис.2.62. Графики зависимости $U_{ЕП}$ от времени t, по ПР1 (ПК 130-180) зоны «Майская», измеренные в грозовую погоду



1 – верхнечетвертичные отложения (аллювиальные галечники, глина, суглинки);

2 – позднеюрские породы (алевролиты, песчаники, кремнисто-глинистые породы и осадочные брекчии);

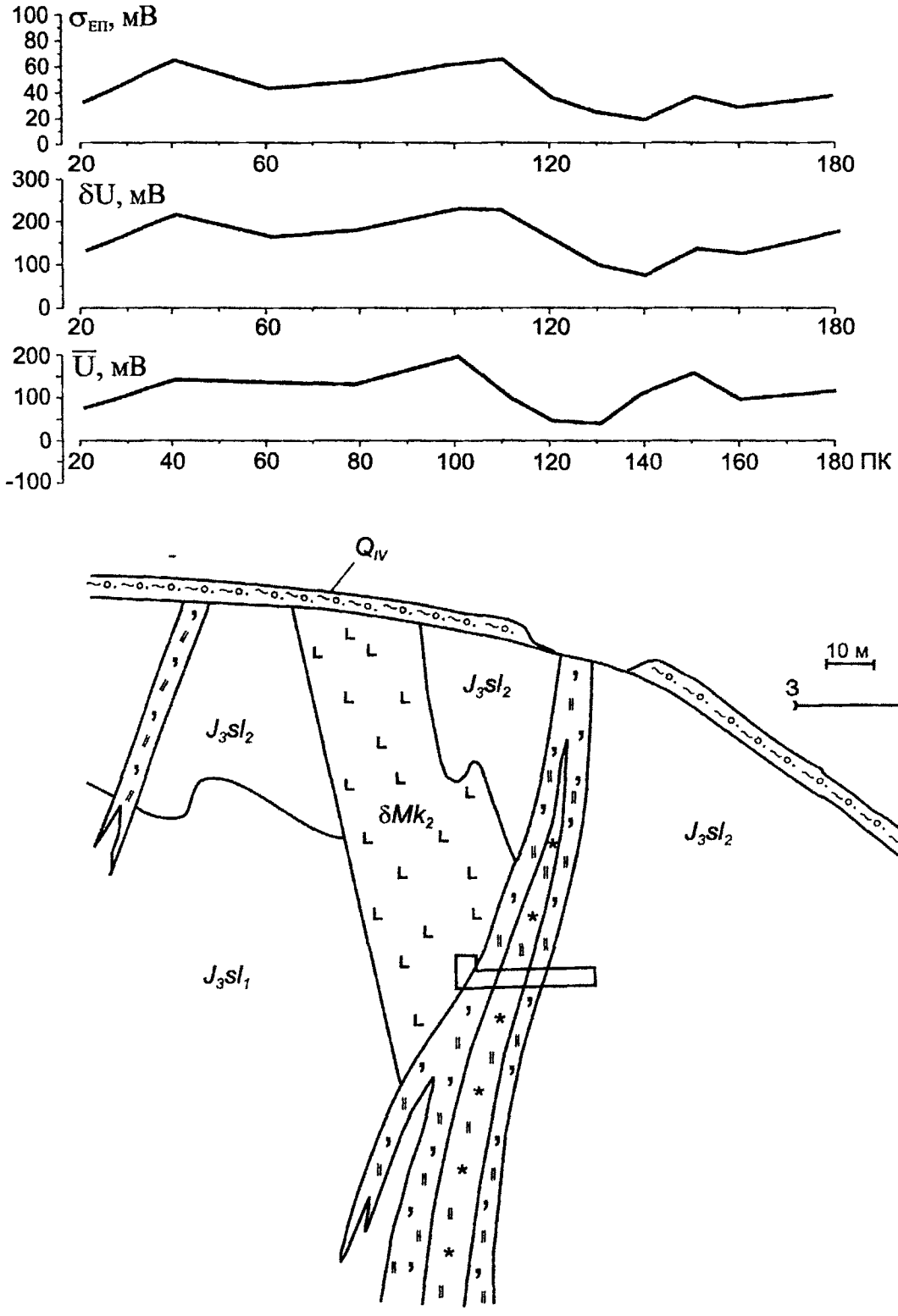
3 – кварц-серицитовые образования;

4 – кварц-турмалиновые образования;

5 –дайки позднемеловых вулкано-плутонических диабазовых порфиритов;

6 – штольня.

Рис. 2.63. Графики параметров динамики ЕП по профилю 1 зоны «Майская», полученные в ясную погоду (Геологический разрез по данным Комсомольской партии)



Условные обозначения на рис. 2.63

Рис. 2.64. Графики параметров динамики ЕП по профилю 1 зоны «Майская», полученные в грозовую погоду (Геологический разрез по данным Комсомольской партии)

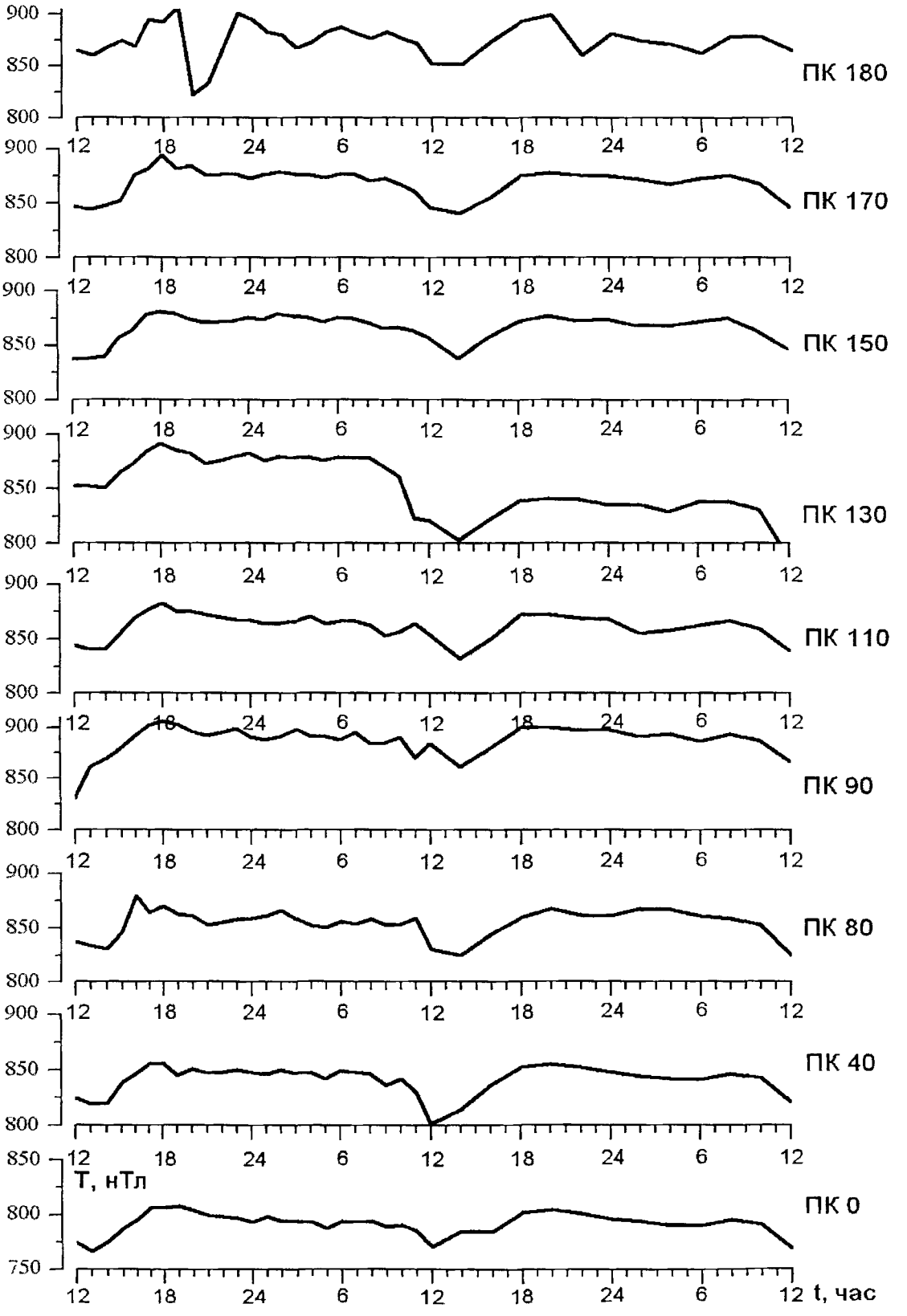
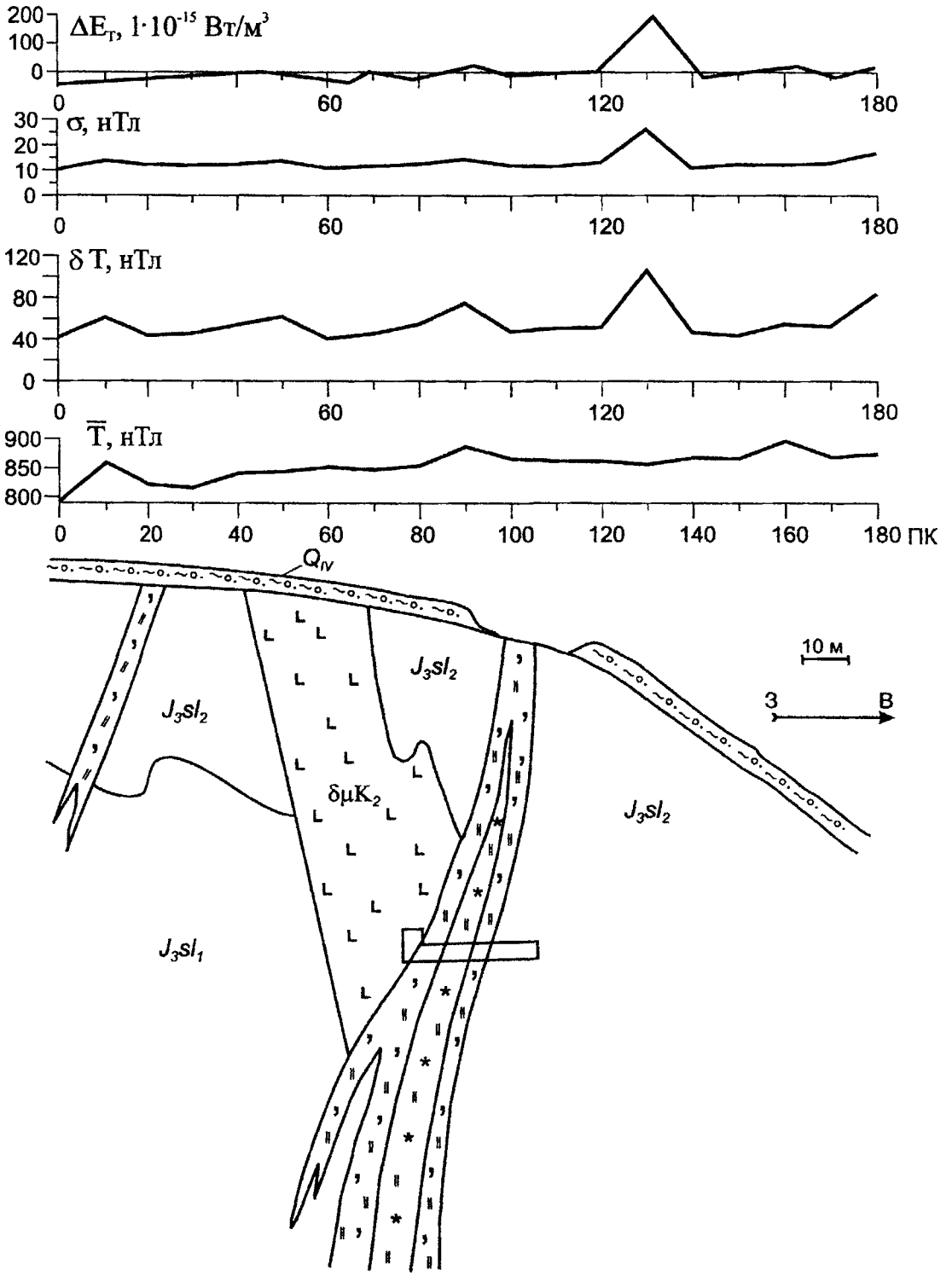


Рис.2.65. Графики зависимости T от времени t, по ПР1 зоны «Майская», измеренные в ясную погоду



Условные обозначения на рис. 2.63

Рис. 2.66. Графики параметров динамики МП по профилю 1 зоны «Майская», полученные в ясную погоду (Геологический разрез по данным Комсомольской партии)

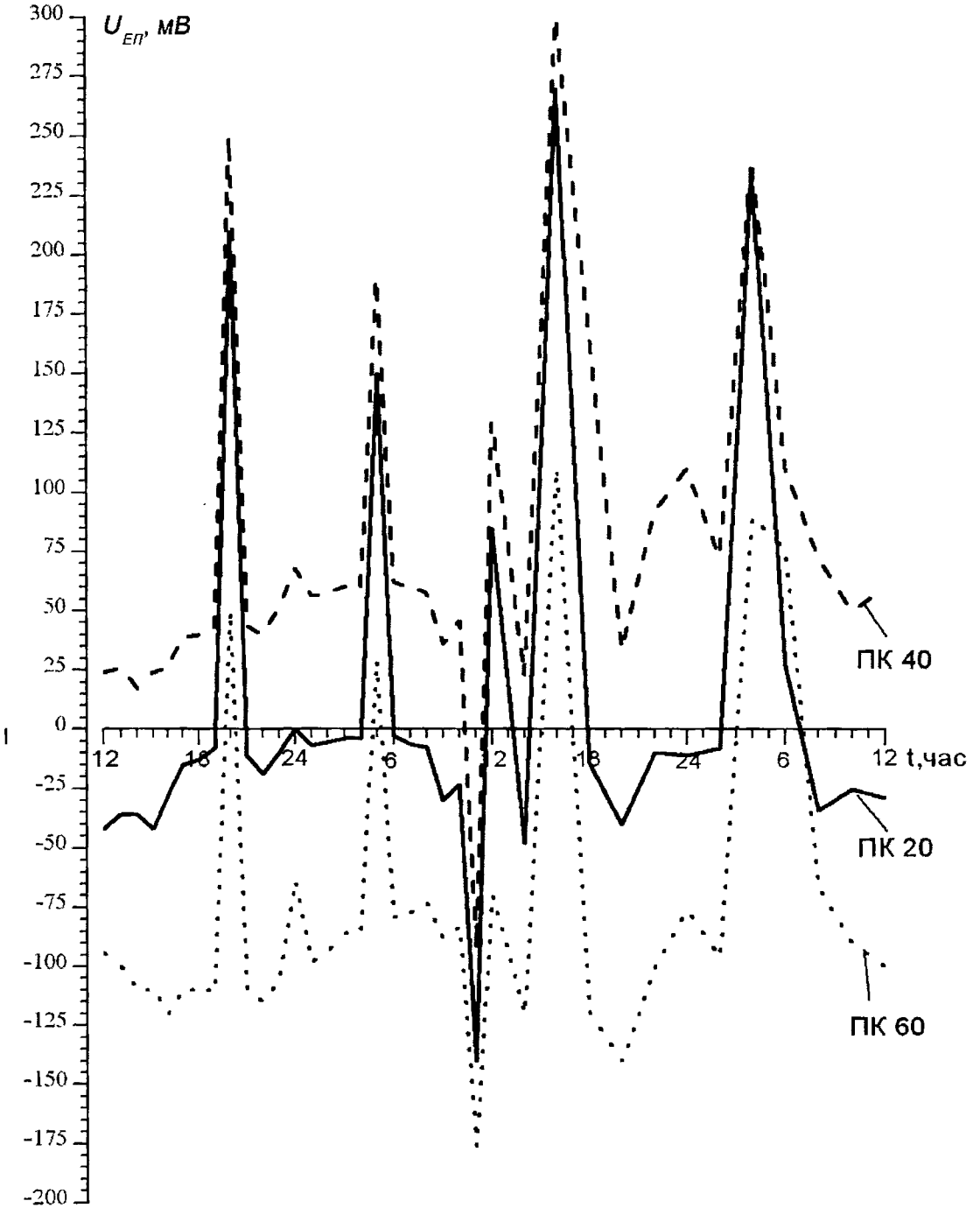


Рис.2.67. Графики зависимости $U_{ЕП}$ от времени t, по ПР2 (ПК 20-60) зоны «Майская», измеренные в ясную погоду

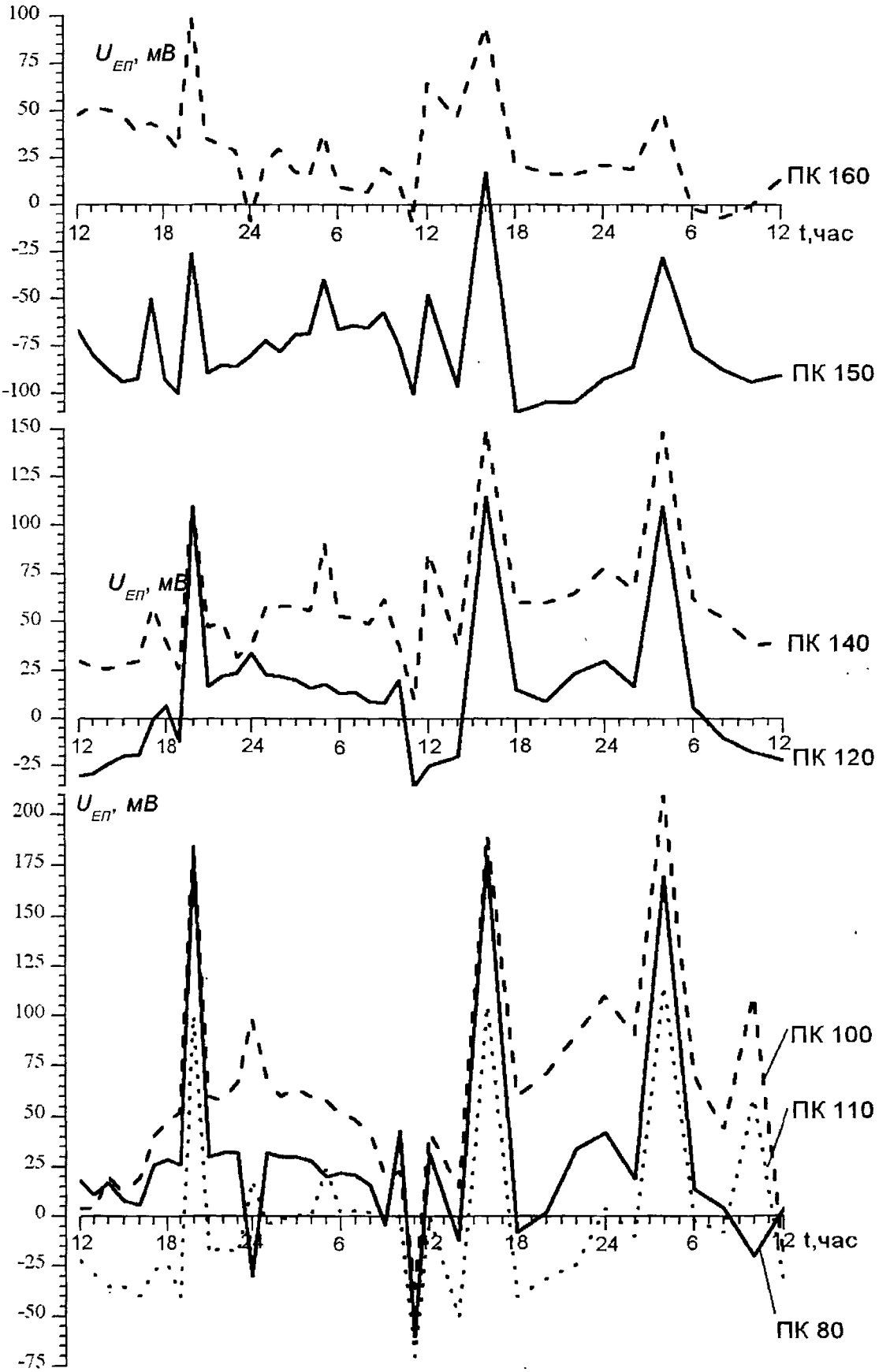


Рис.2.68. Графики зависимости $U_{ЕП}$ от времени t, по ПР2 (ПК 80-160) зоны «Майская», измеренные в ясную погоду

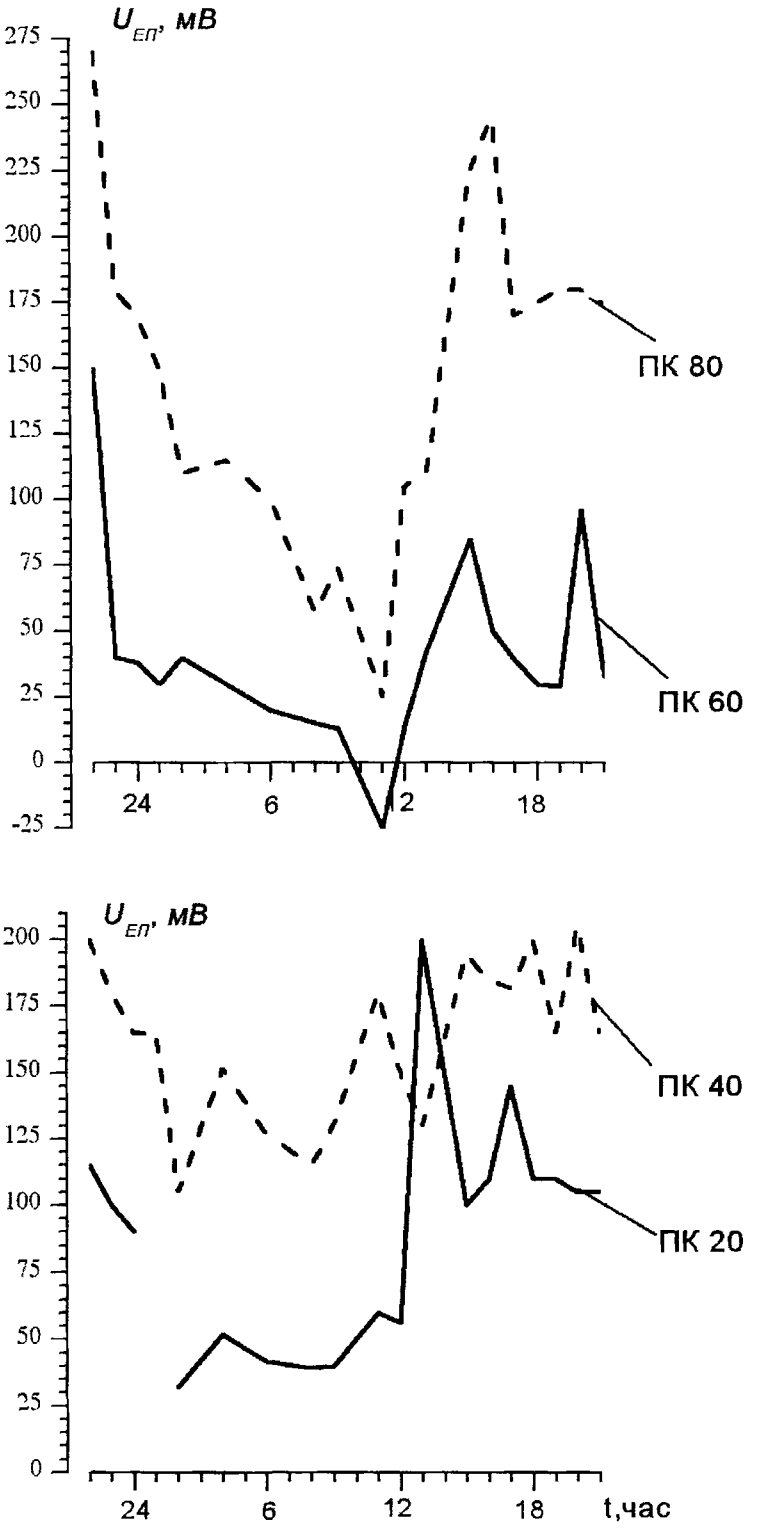


Рис.2.69. Графики зависимости $U_{ЕП}$ от времени t, по ПР2 (ПК 20-80) зоны «Майская», измеренные в грозовую погоду

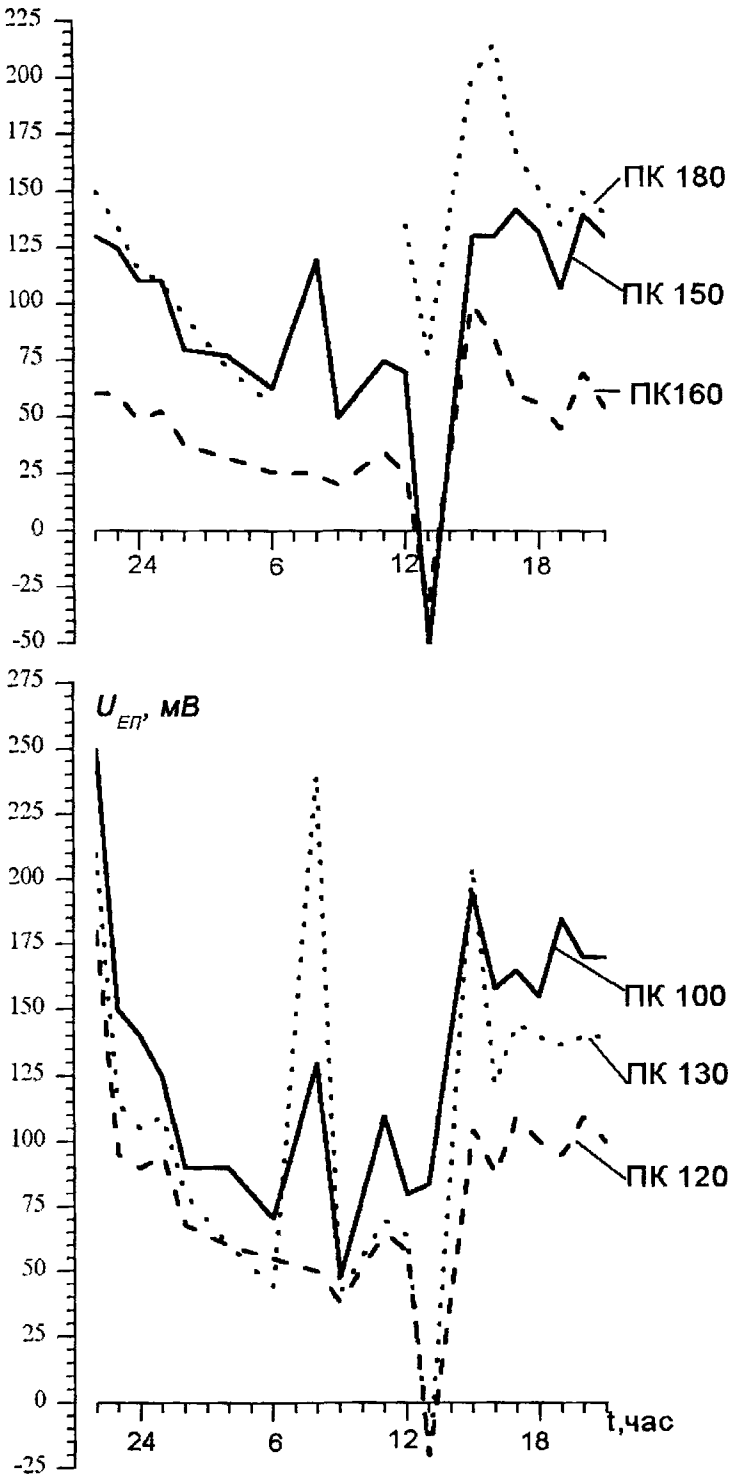


Рис.2.70. Графики зависимости $U_{ЕП}$ от времени t, по ПР2 (ПК 100-180) зоны «Майская», измеренные в грозовую погоду

Графики параметров динамики ЕП коррелируются с графиками средних значений $\overline{U}$, совпадающих по форме в ясную и грозовую погоду, и не содержат выраженных аномалий, увязываемых с геологическим разрезом (рис. 2.71, 2.72).

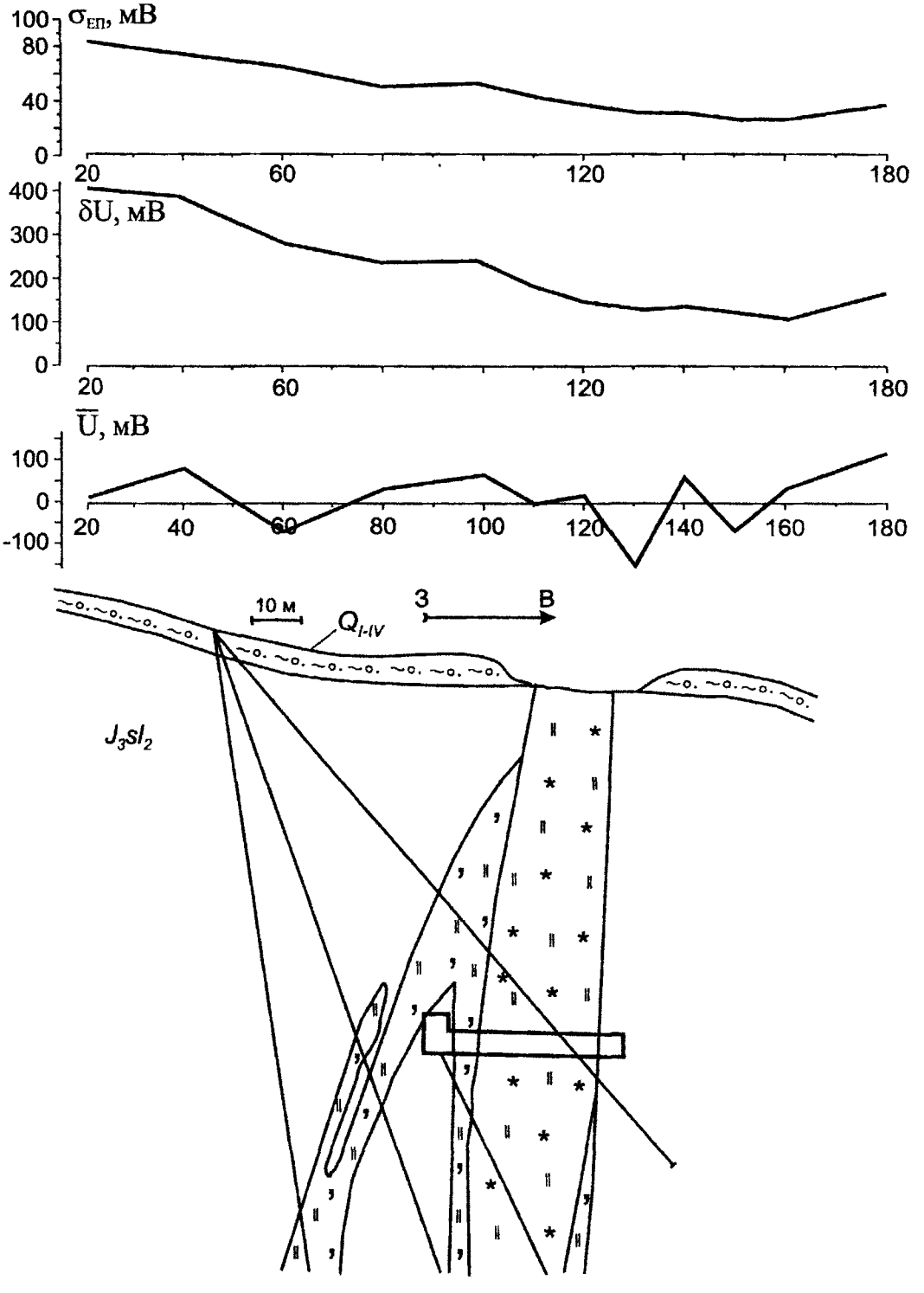
На рис. 2.73 приведены вариации магнитного поля по ПР 2, полученные в ясную погоду. Они, как и на ПР 1, по форме практически одинаковы на всех точках профиля. Рудная зона на ПК 120, 130 никак себя не проявляет в искажениях регулярности вариаций, поэтому и на графиках параметров динамики магнитного поля никаких аномалий не наблюдается (рис. 2.74).

Сопоставление графиков вариаций внешних физических воздействий (рис. 2.55) с вариациями ЕП, измеренными в эти же сутки показывает, что между ними, так же как и на зоне «Соболиная», нет связи.

Таким образом, в отличие от выше рассмотренных зон основное рудное тело зоны «Майская» не создает аномалий параметров динамики ЕП и МП измеренных ни в ясную, ни в грозовую погоду. Аномалии $\delta U_{ЕП}$, возникающие в грозовую погоду либо увязываются с контактами зоны с вмещающими породами, либо не находят подтверждения на геологическом разрезе. Причина этого, с нашей точки зрения, кроется в геологическом строении рудной зоны. Как указывалось выше, она сложена крутопадающими жилообразующими телами кварцевых турмалинитов, либо жилами кварца в отличие от минерализованных зон вышерассмотренных месторождений.

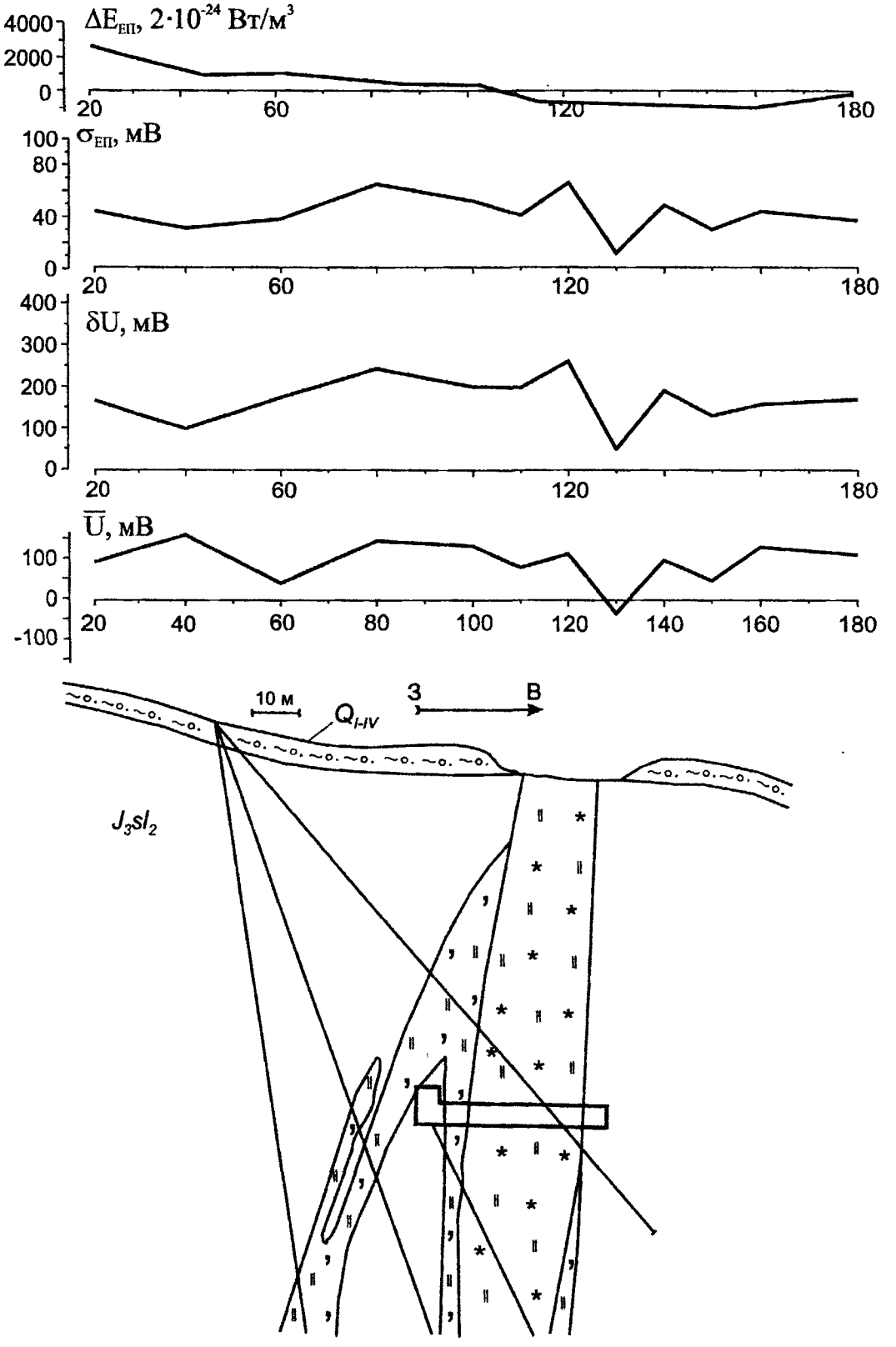
При таком строении рудной зоны, по-видимому, отсутствует энергоактивный канал, являющийся проводником энергии из глубинных частей земли и дневной поверхности, на которой проводятся измерения. Можно считать, что на зоне «Майской» вообще не получено аномалий динамики ЕП и МП однозначно увязываемых с геологическим разрезом.

Таким образом, обобщая результаты исследований на рудных зонах Комсомольского рудного района можно отметить следующее:



Условные обозначения на рис. 2.63

Рис. 2.71. Графики параметров динамики ЕП по профилю 2 зоны «Майская», полученные в ясную погоду (Геологический разрез по данным Комсомольской партии)



Условные обозначения на рис. 2.63

Рис. 2.72. Графики параметров динамики ЕП по профилю 2 зоны «Майская», полученные в грозовую погоду (Геологический разрез по данным Комсомольской партии)

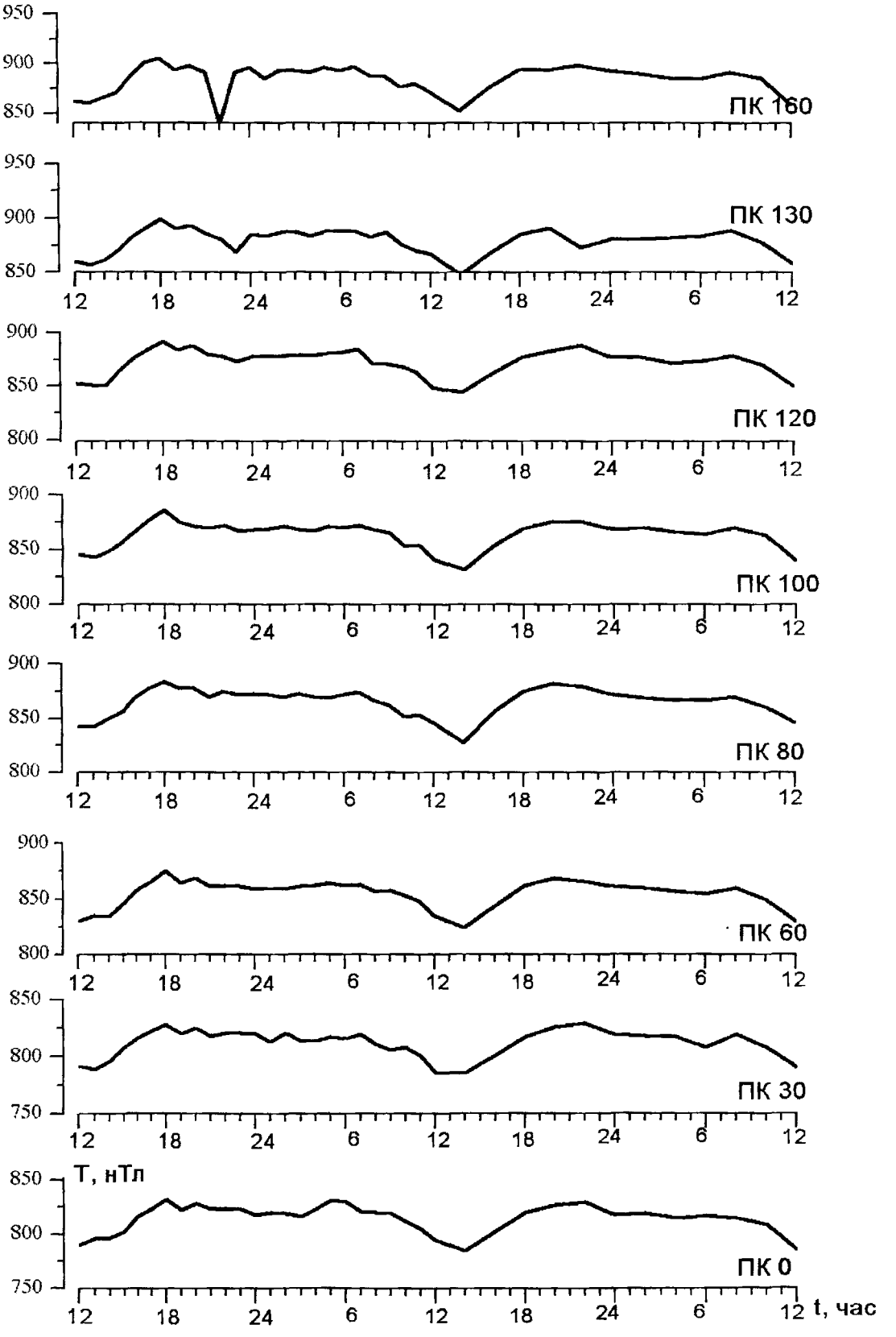
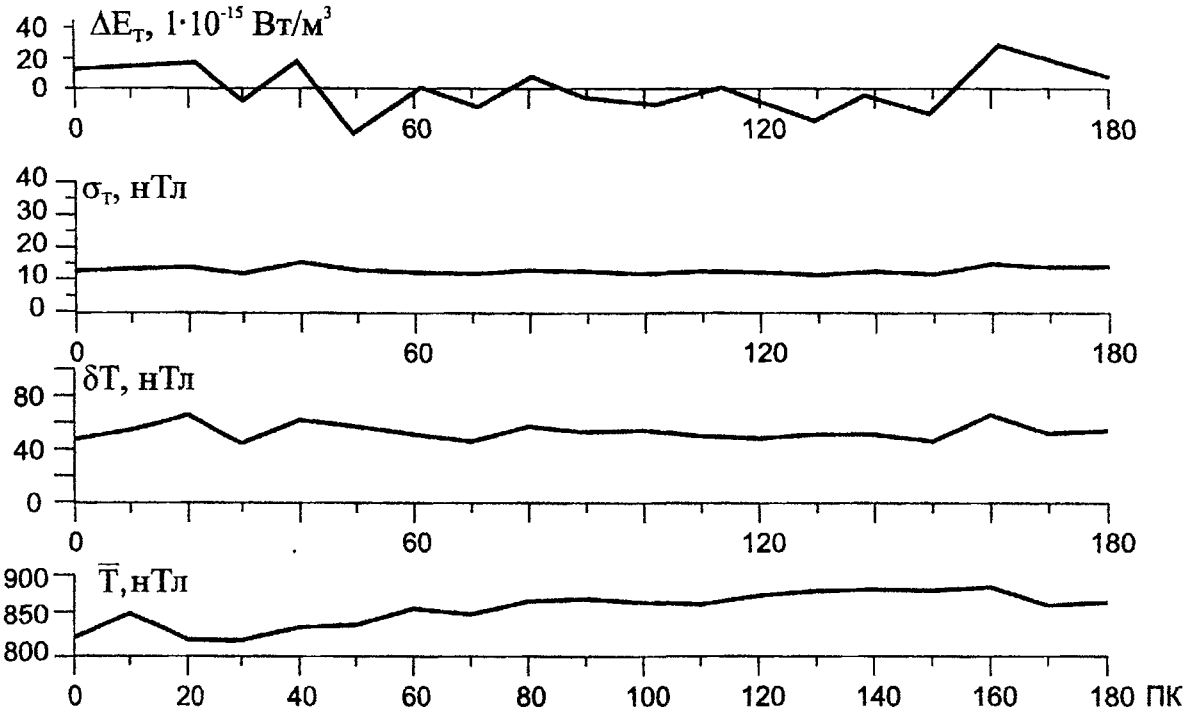
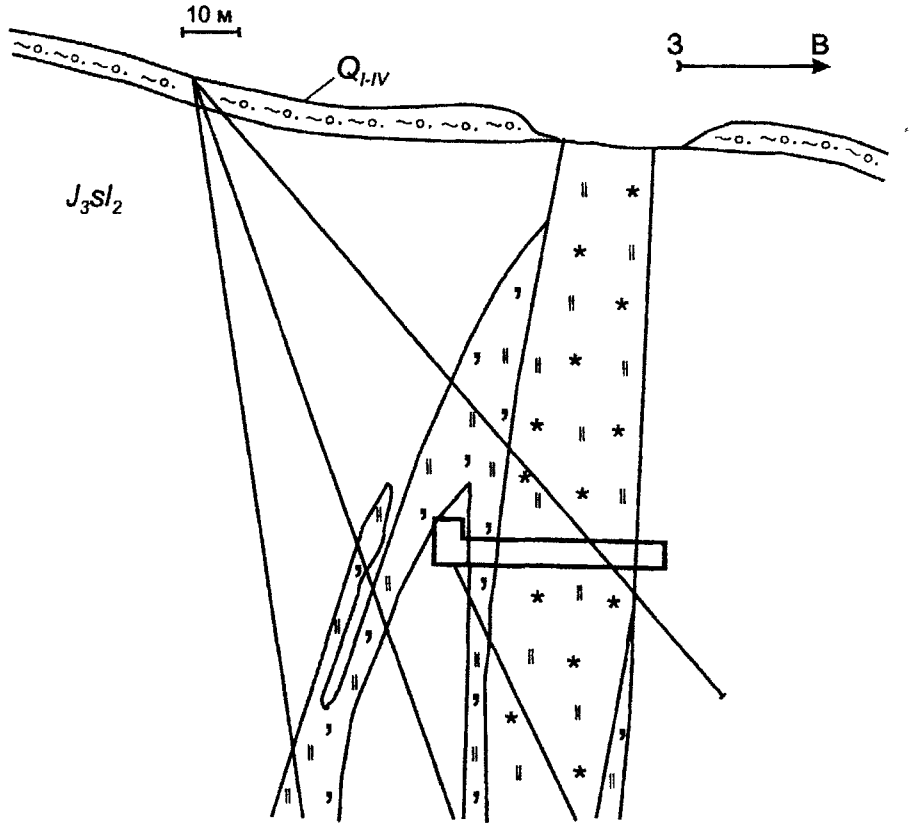


Рис.2.73. Графики зависимости T от времени t, по ПР2 зоны «Майская», измеренные в ясную погоду





Условные обозначения на рис. 2.63

Рис. 2.74. Графики параметров динамики МП по профилю 2 зоны «Майская», полученные в ясную погоду (Геологический разрез по данным Комсомольской партии)

1. Суточные вариации естественных электрического и магнитного полей Земли в энергоактивных зонах отличаются резким (аномальным) нарушением регулярности вариаций, которые в «фоновых» точках имеют спокойный квазилинейный, либо квазисинусоидальный характер. Форма вариаций в аномальных точках не только не воспроизводится, но резко отличается в разные сутки.
2. Аномальная динамика ЕП и МП имеет вероятностный характер. Она может проявляться в виде интенсивных аномалий в одни сутки (в частности в предгрозовые) и вовсе не проявляется в другие (даже соседние) сутки. Поэтому измерения с целью исследования ее закономерностей и решения каких-либо практических задач должны носить мониторинговый характер. Аномальные точки часто имеют настолько локальный характер, что измерения должны проводиться с детальным шагом, не превышающим 5 м.
3. На зонах «Соболиная» и «Ветвистая» практически все аномалии параметров динамики ЕП и МП пространственно совпадают с зонами сульфидизированных кварц-турмалиновых метасоматитов, являющимися, как правило, оловоносными. Наиболее контрастно рудные зоны, выделяются по динамике магнитного поля.
4. Аномалии суточной динамики естественных электрического и магнитного полей увязываются с геологическим разрезом и дают важную геологическую информацию, как рудоносного, так и геокартировочного характера.
   - Минерализованные зоны кварц-турмалиновых и кварц-серицитовых метасоматитов с промышленным содержанием олова создают специфические нарушения регулярности суточных вариаций и положительные аномалии параметров динамики ЕП и МП и в тех случаях, когда аномалиями традиционных геофизических методов зоны не фиксируются. При этом аномалии динамики ЕП и МП в одних случаях пространственно совпадают, в других нет, но дополняют друг друга. Наиболее однозначно информацию о положении рудных зон данного типа дают аномалии параметров динамики МП. Аномалии параметров ЕП, кроме рудных

зон, фиксируют минерализованные зоны окварцевания, зоны дробления, контакты пород разного состава. Среди аномалий параметров динамики ЕП и МП наиболее четко с рудными зонами, выходящими к дневной поверхности, увязываются аномалии $\Delta E_{ЕП}$ и $\Delta E_{Т}$.

- Рудные тела, представленные жилообразными кварцевыми турмалинитами, либо жилами кварца аномалий динамики ЕП и МП не создают.
- Рудные зоны, залегающие на глубине или перекрытые выветрелыми породами, аномалий динамики также не создают.

5. Все измеряемые параметры динамики ЕП и МП весьма сильно зависят от погодных условий измерений. При этом аномалии параметров динамики магнитного поля, в разных погодных условиях меняя свою амплитуду и протяженность, практически не меняют своего пространственного положения, однозначно увязываясь с выходом к дневной поверхности рудных зон. Аномалии динамики ЕП могут менять свое пространственное положение в зависимости от направления движения грозовых электрически заряжённых туч. Вариации ЕП и МП и графики параметров динамики, измеренные в ясную и грозовую погоду, практически не воспроизводятся.

3. Суточная динамика естественного электрического поля Земли на безрудных объектах

Приведенные в предыдущем разделе результаты исследований динамики естественных геофизических полей Земли на рудных объектах, не позволили получить однозначный ответ на вопрос о влиянии тектоники на эти процессы, поскольку над одними тектоническими нарушениями наблюдается динамика ЕП и МП, над другими нет. Если следовать С. Ю. Баласаняну, то одни из них являются энергоактивными зонами, другие нет. Поэтому, специальные исследования проведены на инженерно-геологическом объекте, а именно – на Северо-Муйском тоннеле БАМа.

Кроме чисто научной задачи - исследования динамики полей над тектоническими нарушениями разного строения, ставилась практически важная задача изучения в пределах Северо-Муйского тоннеля тектонических нарушений, характеризующихся современной тектонической активностью, которые являлись серьезной помехой при строительстве тоннеля.

3.1. Краткая характеристика исследуемого объекта

Информация по геологии, петрофизике и традиционной «статической» геофизике приведена по данным ПГО «Бурятгеология».

Северо-Муйский тоннель (СМТ) расположен в пределах северной части Баргузино-Витимского батолита, сформированного в процессе гранито-купольного тектогенеза. Он пройден в юго-западной части Конкузеро-Манаканской сложно-построенной купольной структуры, осложненной многочисленными разрывными нарушениями. В процессе детального геологического изучения подземных горных выработок было установлено, что в пределах СМТ развиты субщелочные по составу, пестрые по текстурно-структурным особенностям граниты магматического замещения, входящие в состав баргузинского

комплекса. Метаморфические породы представлены скиалитами кристаллических сланцев. Гранитоиды и метаморфические породы на участке СМТ на значительной площади перекрыты четвертичными отложениями.

В пределах СМТ выделяется 9 главных разновидностей гранитоидов, условно соответствующих трем фазам баргузинского комплекса, отражающим последовательность гранитизации пород.

Блоково-разрывное строение Муякан-Ангараканского междуречья, через которое проложен СМТ, представляет собой одну из характерных особенностей геологии района СМТ. Здесь выделяются следующие тектонические блоки III порядка: Западный, IV тектоническая зона, Кольцевой, Троговый, Промежуточный, III тектоническая зона, Восточный, Перевальная тектоническая зона, Нижне-Итыкинский, Нижне-Окусиканский (рис.3.1).

Исследования динамики ЕП были сосредоточены по рекомендации Северо-Байкальской ГРЭ на III тектонической зоне и Восточном тектоническом блоке, характеризующихся современной тектонической активностью.

Ниже приводится краткая характеристика участков работ. Их геологические схемы приведены на рис. 3.2 и 3.3.

III тектоническая зона (III_3), за исключением ее юго-восточного ограничения, хорошо прослежена от тоннеля до поверхности земли. В интерпретации геологов Северомуйской ГРП она выглядит в виде тектонического блока, сужающегося в сторону Перевальной долины. Разрывные нарушения обуславливают клиновидную форму зоны III и ее блоков IV порядка. По оси тоннеля на поверхности земли ширина зоны III равна 900 м.

Зона сложена крупнопорфировидными биотитовыми гранитами, гранитами, гранит-пегматитами. Граниты в пределах зоны значительно трещиноваты, дезинтегрированы. Развитые системы трещин имеют мощность 1-5 см, выполнены дресвяно-щебеночным материалом и сопровождаются микроклинизацией.

По результатам дешифрирования аэрофотоснимков зона III расчленена на три структурных единицы IV порядка – III_1, III_2, III_3. Границей блоков III_1, III_2 служит тектоническое нарушение мощностью 2,5 м с азимутом падения 145 <

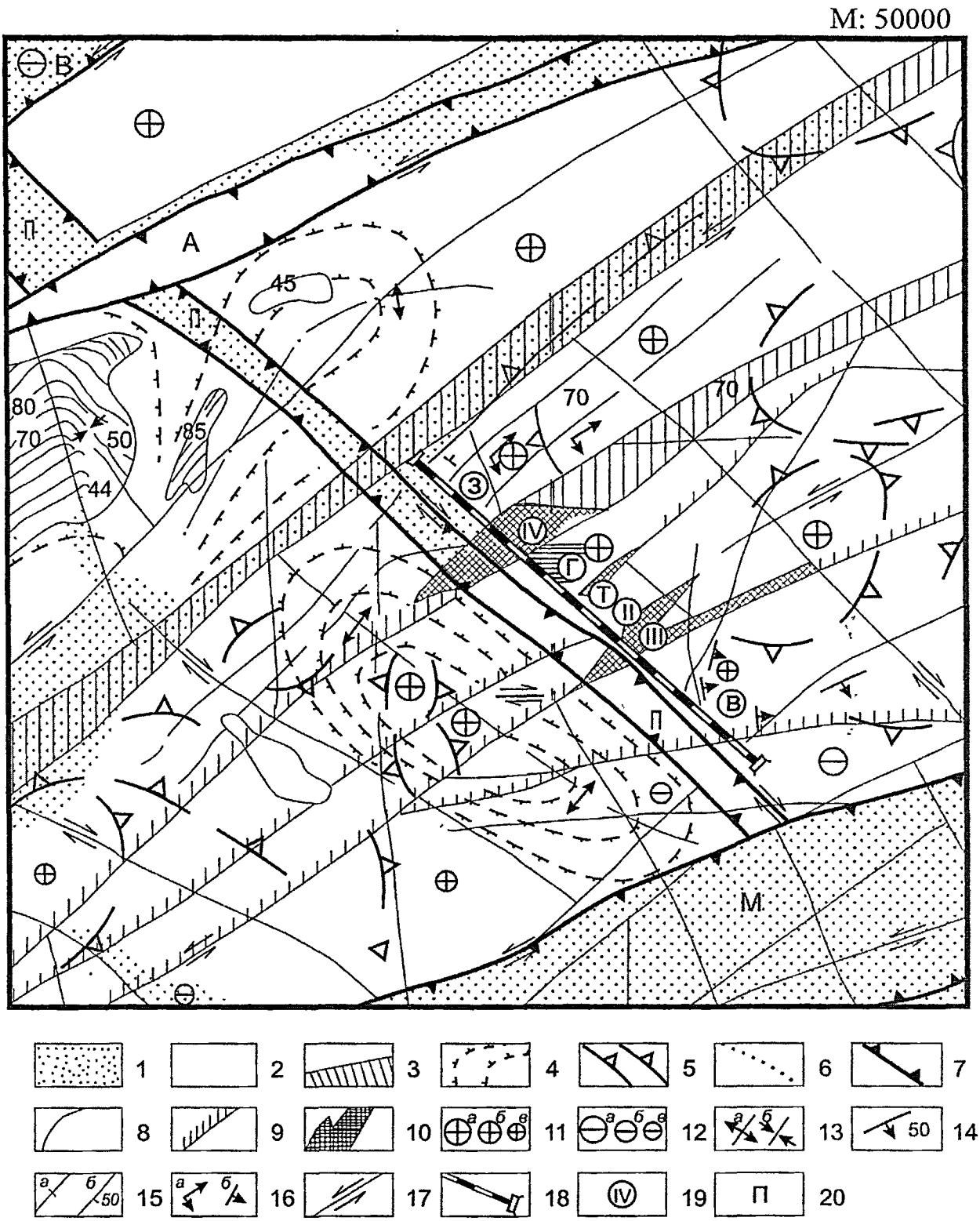


Рис. 3.1. Структурно-тектоническая схема участка Северо-Муйского тоннеля (СМТ) (по данным А. Т. Королькова)

Условные обозначения к рисунку 3.1

1. Кайнозойские рыхлые отложения.

2. Позднепротерозойские палингенес-метасоматические гранитоиды.

3. Нижне-протерозойские метаморфические образования.

4. Элементы складчатой структуры гранитизированного субстрата.

5. Купольные структуры, выделенные по аэрофотокосмическим, морфометрическим и геофизическим данным.

6. Границы кайнозойских отложений.

7. Границы зон генеральных разломов: а) докембрийского заложения (Перспективный); б) мезо-кайнозойского возраста (Верхнеангарский, Амкундинский, Муяканский)

8. Региональные разломы со слабо проявленной аргиллизацией пород.

9. Региональные разломы с умеренной степенью дезинтеграции и аргиллизации пород.

10. Участки разломов с интенсивно дезинтегрированными и аргиллизированными породами (на участке Северо-Муйского тоннеля).

11. Блоковые поднятия: а) интенсивные; б) умеренные; в) слабые.

12. Блоковые опускания: а) интенсивные; б) умеренные; в) слабые.

13. Оси складчатых структур: а) антиклинальных; б) синклинальных.

14. Элементы залегания полостчатости и слоистости метаморфических пород.

15. Элементы залегания разрывных нарушений: а) вертикальные; б) наклонные.

16. Преобладающие кинематические типы движений по региональным разломам: а) сброс-сдвиговые; б) сбросовые.

17. Генеральные и региональные сдвиговые перемещения по разломам.

18. Проекция оси Северо-Муйского тоннеля.

19. Главные блоково-разрывные структуры, выделенные на участке СМТ:

З – Западный блок;

IV – четвертая тектоническая зона;

Г – Гольцевый блок;

Т – Троговая тектоническая зона;

П – Промежуточный блок;

III – третья тектоническая зона;

В – Восточный блок.

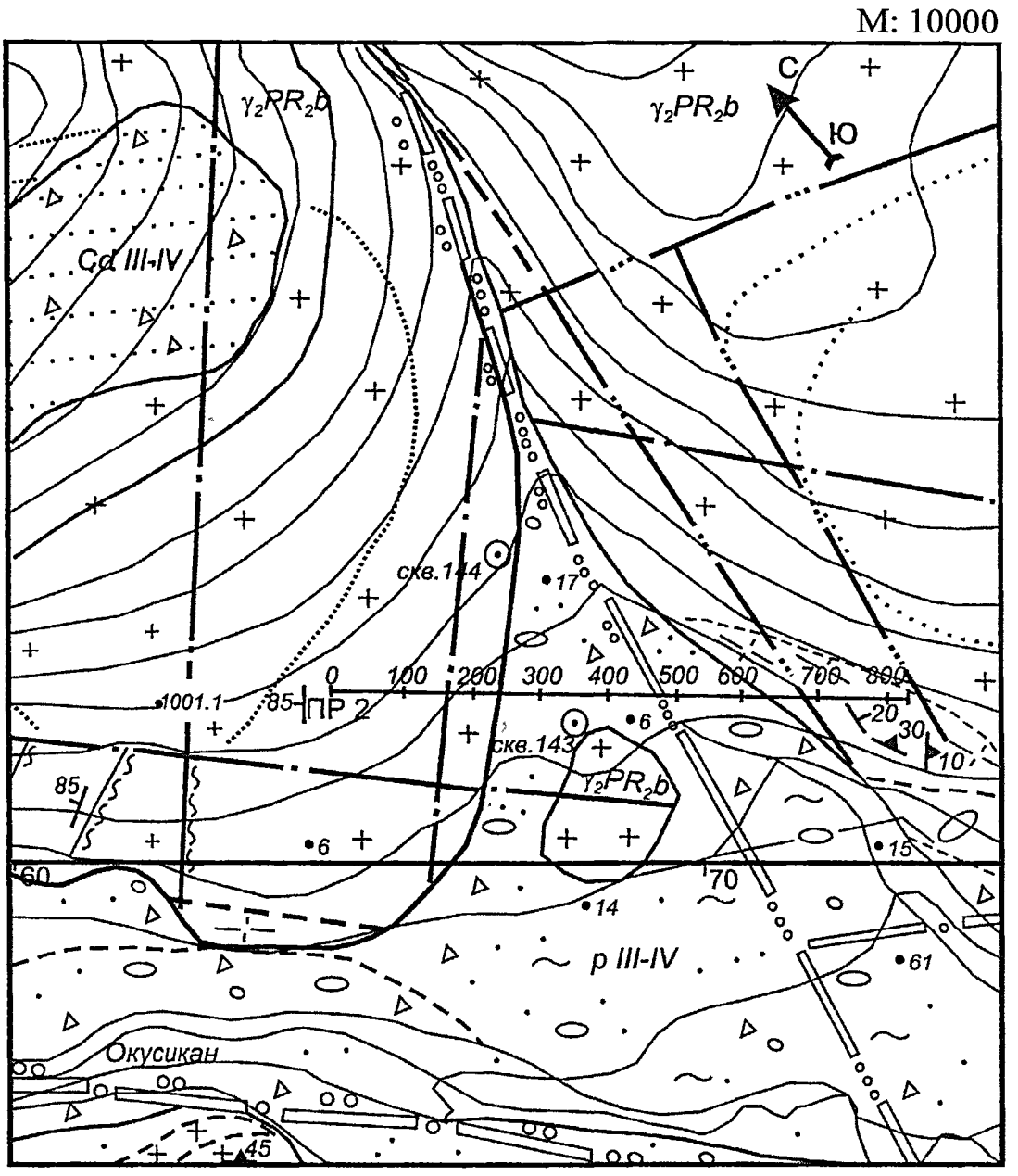
20. Индексы зон генеральных разломов:

А – Амкундинский;

В – Верхнеангарский;

М – Муяканский;

П – Перевальный.



Условные обозначения к рис.3.2 и 3.3

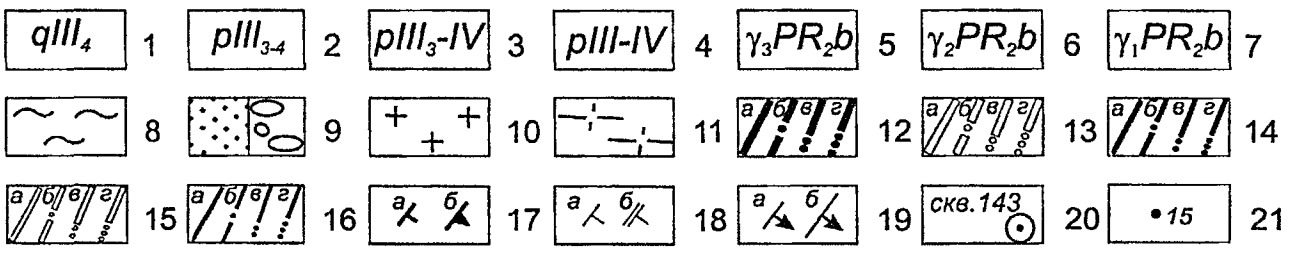


Рис.3.2. Геологическая карта Восточного блока

(по данным Северо-Муйской ГРП)

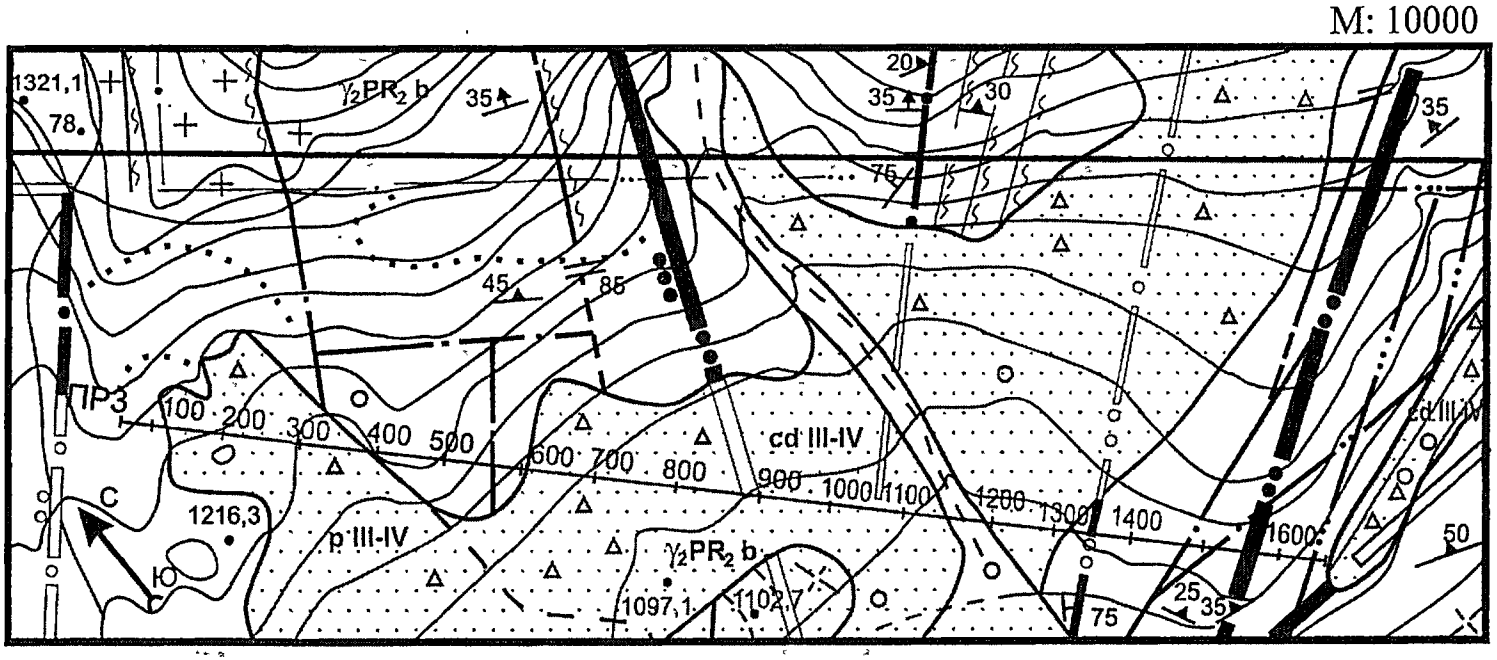


Рис.3.3. Геологическая карта III тектонической зоны

(по данным Северо-Муйской ГРП)

Условные обозначения к рис. 3.2 и 3.3

1. Сартанский горизонт. Ледниковые валуны, глыбы, супеси (до 52 м).
2. Зырянский горизонт. Ледниковые валуны, глыбы, супеси, дресва, галька (30 – 65 м).
3. Каргинский горизонт. Пролювиальные (p), пролювиально-делювиальные (pd) валуны, галька, пески, супеси, дресва (11 - 52 м); коллювиально-делювиальные (cd) пески, дресва, щебень (14 м).
4. Верхнее современное звено нерасчлененное.
5. Позднепротерозойские интрузивные образования - третья фаза.
6. Позднепротерозойские интрузивные образования - вторая фаза.
7. Позднепротерозойские интрузивные образования – первая фаза.
8. Суглинок.
9. Песок (а), гравий (б).
10. Мелко-среднезернистые массивные биотитовые граниты.
11. Средне-крупнозернистые биотитовые гнейсовидные граниты.
12. Границы тектонических блоков III порядка, выделенных по геологическим (а), геофизическим (б), геоморфологическим (в) данным и дешифрированию АФС (г).
13. Границы тектонических блоков III порядка, скрытые под четвертичными отложениями (а, б, в, г – тоже, что и в п. 12).
14. Границы тектонических блоков IV порядка, установленные теми же методами.
15. Границы тектонических блоков IV порядка, установленные теми же методами, скрытые под четвертичными отложениями.
16. Прочие разрывные нарушения, установленные теми же методами.
17. Плоскостные и линейные структурные элементы: залегание слоистости в скиалитах (а), гнейсовидности (б).
18. Плоскостные и линейные структурные элементы: сколовых трещин (а), сланцеватости (б).
19. Плоскостные и линейные структурные элементы: контактов жил (а), разрывных нарушений (б).
20. Скважина и ее номер.
21. Мощность рыхлых отложений.

85, выполненное раздробленным (до состояния щебня, дресвы) каолинизированным материалом. По сместителям развита тектоническая глинка трения. Границей блоков III_3, III_2 на горизонте тоннеля служит северо-западный контакт зоны трещиноватых пород мощностью 22 м с азимутом падения 320 ∠85. Контакт блоков представлен тектоническим нарушением мощностью до 3 м, выполненным дезинтегрированными каолинизированными породами.

В строении зоны III, также принимают участие среднезернистые и крупнозернистые, порфировидные, биотитовые граниты, с дайками микрогранитов. В зоне отчетливо проявлена система трещин северо-восточного простирания.

В магнитном поле зона III выражена весьма своеобразно (рис. 3.4): западная ее граница отмечается областью градиентов напряженности магнитного поля (250-500 нТл), совпадает с узкой линейной аномалией, которая характеризуется С-СВ простиранием; юго-восточная граница выделяется более слабым понижением напряженности магнитного поля от 400 нТл до 300 нТл при более широкой аномалии поля. В юго-западном направлении зона III по данным магниторазведки прослеживается на расстояние 900-1100 м.

Восточный тектонический блок (В) располагается к востоку от зоны III и сложен среднезернистыми массивными, реже гнейсовидными биотитовыми гранитами. В его пределах, по данным проходки тоннеля, выделяют четыре тектонических блока IV порядка (B_1, B_2, B_3 и B_4), которые не прослеживаются на дневной поверхности.

Поскольку профили наблюдений пройдены над блоками B_2, и B_3, то ниже приведено описание только этих блоков.

Юго-восточная граница блока B_2 проходит по тектоническому нарушению мощностью 5 м, выполненному раздробленными перетертыми каолинизированными породами. Вдоль нарушения интенсивно проявлена микроклинизация.

В строении блока B_2 принимают участие следующие разновидности пород:

- граниты среднезернистые, биотитовые, серого цвета;

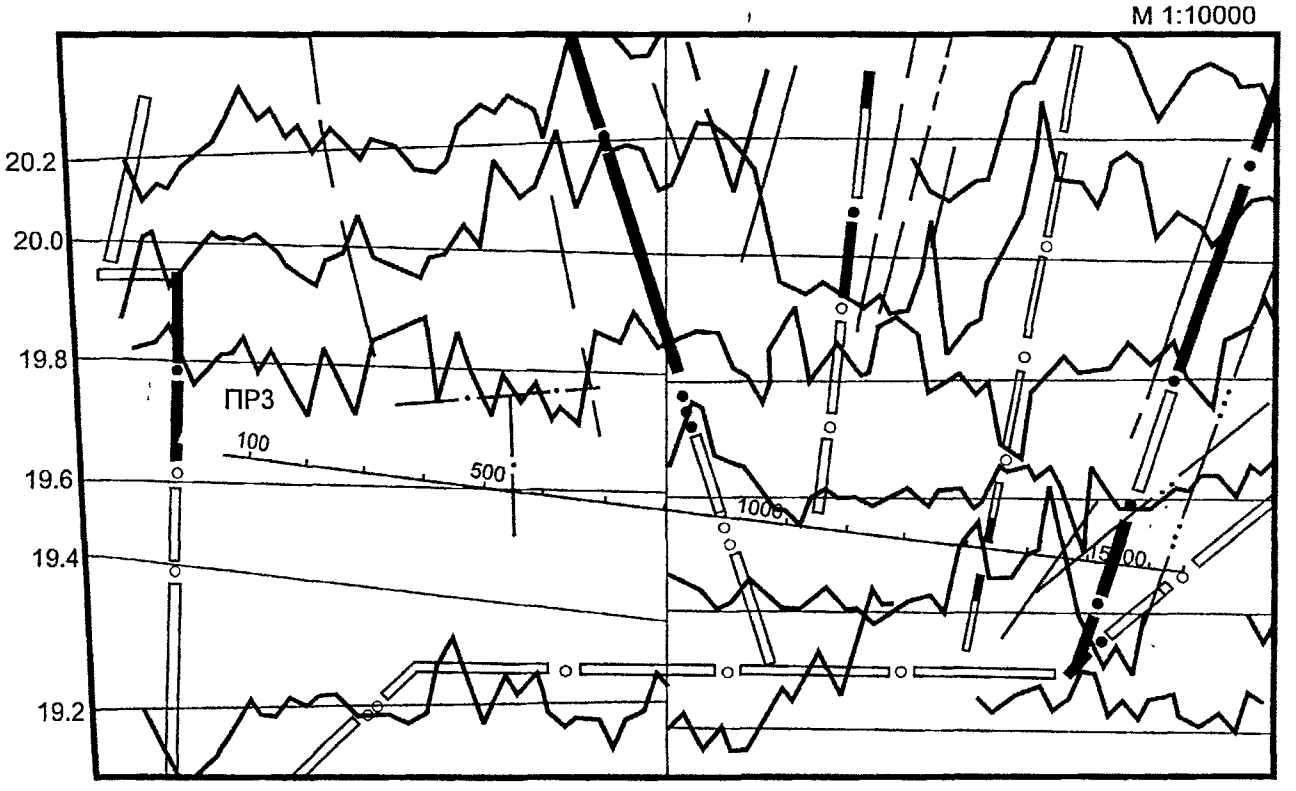


Рис. 3.4. План-графиков ΔТ III тектонической зоны

- граниты крупнозернистые, порфировидные, биотитовые, серого, розовато-серого цвета;

- граниты пегматоидные, светло-серого цвета с фенокристаллами ярко-розового микроклина;

- жильный комплекс представлен полого залегающими биотитовыми микрогранитами мощностью до 6 м, прожилками и жилами пегматитов.

Трещиноватость в блоке B_2 имеет северо-восточное простирание. Трещины другого простирания, выявленные с поверхности, на глубине не отмечаются.

На юго-востоке границей блока B_3 служит зона интенсивного дробления мощностью до 3 м. Лежачий борт зоны (мощностью 0,3 - 0,4 м) выполнен тектонической глинкой трения с включениями дробленного материала. В сложении блока принимают участие те же породы, что и в блоке B_2, кроме пегматоидных светло-серых гранитов с фенокристаллами ярко-розового микроклина.

Система трещин в блоке B_3 имеет такое же северо-восточное простирание, как и в блоке B_2. Трещины другого направления, выявленные с поверхности, на глубине не отмечаются.

Примечательно, что Восточный блок в магнитном поле никак не проявляется (рис. 3.5).

В процессе проходки подземных горных выработок СМТ, было пересечено и задокументировано большое количество тектонических нарушений. По морфологии и внутреннему строению тектоническая трещиноватость подразделяется на восемь типов.

Профили наблюдений, пройденные на дневной поверхности, пересекают четыре типа тектонических нарушений, приведенных на геологических разрезах, по данным Северо-Муйской ГРП. Это – одиночные «сухие» трещины и серии «сухих» трещин; трещины с глинкой трения и «зеркалами» скольжения; зоны интенсивного дробления; зоны повышенной трещиноватости пород. Примеры тектонических нарушений разного типа приведены на рис. 3.6 - 3.9.

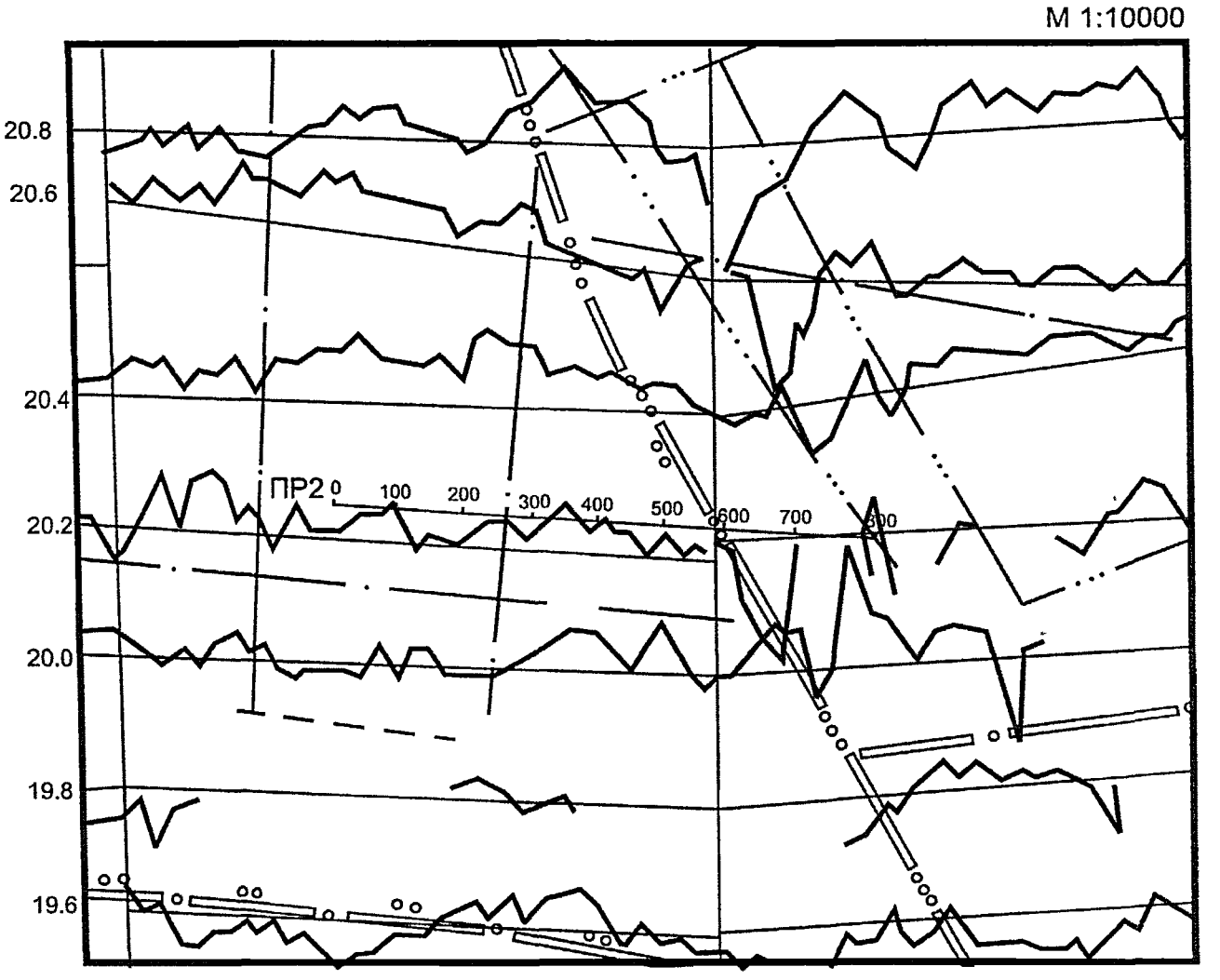
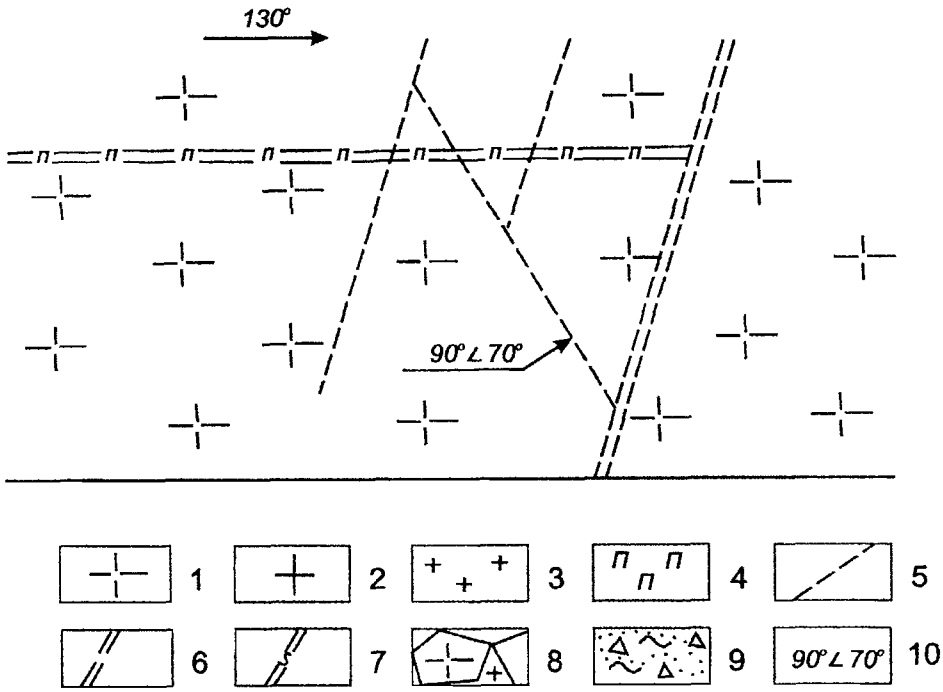
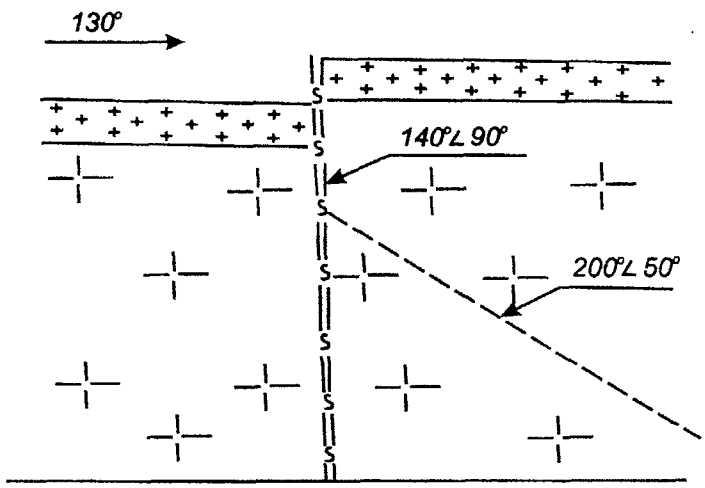


Рис. 3.5. План-графиков ΔТ Восточного блока



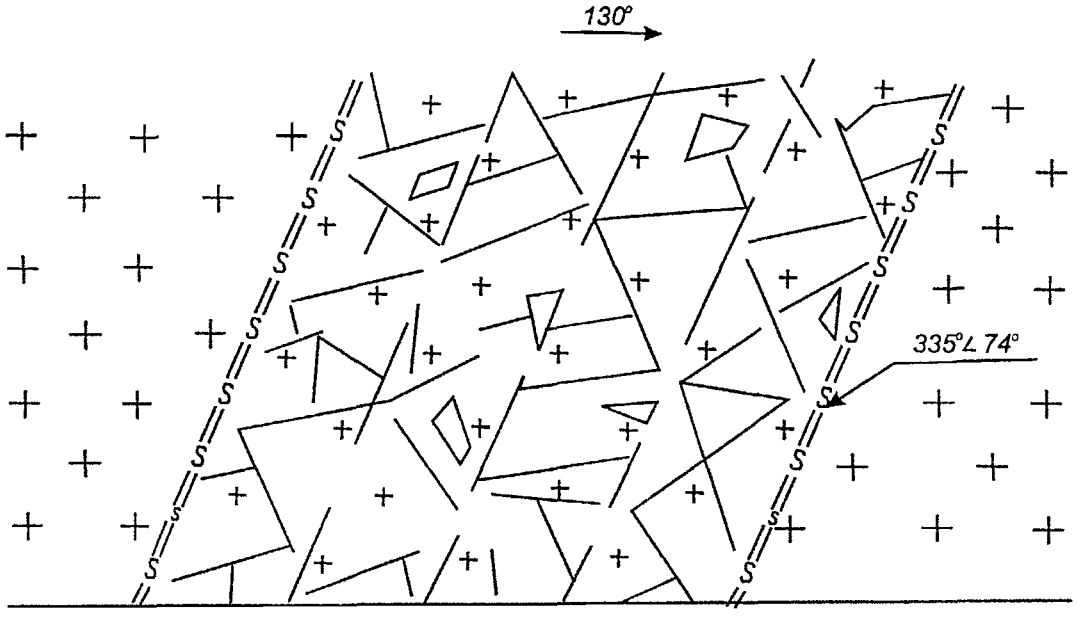
1 – гранит крупнозернистый парфировидный; 2 – гранит среднезернистый; 3 – гранит мелкозернистый; 4 – пегматит; 5 – трещины плотно сжатые; 6 – трещины открытые до 1-2 см без заполнителя; 7 – трещины с тектонической глинкой трения; 8 – породы раздробленные до размерности глыб, щебня; 9 – породы глубоко дезинтегрированные до глинисто-песчано-дресвянного состояния; 10 – элементы залегания.

Рис. 3.6. Тектонические трещины плотно сжатые и открытые, без заполнителя



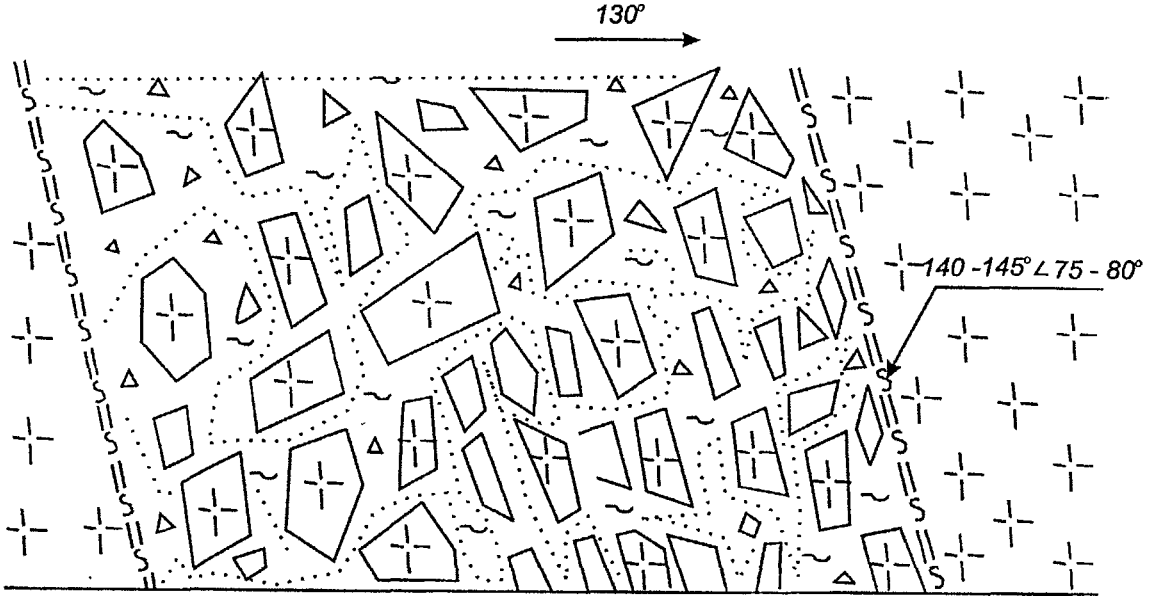
Условные обозначения на рис. 3.6

Рис. 3.7. Нарушения с тектонической глинкой трения



Условные обозначения на рис. 3.6

Рис. 3.8. Зона трещиноватых пород, сформированная плотно соприкасающимися глыбами и ограниченная нарушениями с глинкой трения



Условные обозначения на рис. 3.6

Рис. 3.9. Зона раздробленных пород, выполненная глыбами с глинисто-песчано-дресвяным заполнителем и ограниченная нарушениями с глинкой трения

В геокриологическом отношении участки работ относятся к площади островного распространения многолетнемерзлых пород мощностью 15 - 87 м. Основную часть площади занимают талые породы. Это связано с действием разгружающихся высоконапорных трещинно-жильных холодных и термальных вод. Их разгрузка определяется активным неотектоническим режимом участка. Отсутствие многолетнемерзлых пород в тектонических разломах, является закономерностью криолитозоны на участке строительства СМТ.

Физические свойства горных пород изучались по образцам, отобранным в процессе геологической документации из стенок тоннеля и керну скважин. Результаты этих определений приведены в таблице 3 (по данным Северо-Муйской ГРП).

Таблица 3. **Петрофизическая характеристика горных пород СМТ**

Горная порода	в г/см^3	æ·10^{-6}	æ	$\rho_к$, Ом·м	$I_{мк}$, Р/г	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
По вещественному составу						
Баргузинский комплекс гранитов						
Первая фаза						
Гнейсограниты	2,63	600	0,55	5000 - 8000 .	15 - 20	Данные измерения образцов
Биотит-рогово-обманковые порфировидные граниты	2,63	2200	0,87	5000 - 8000	15 - 25	Данные измерений в тоннеле скважинах, образцах
Биотитовые	2,61	1200	0,85	5000 - 8000	15– 25 11 –27	
Вторая фаза						
Мелкозернистые граниты	2,60	750	0,60	5000 - 8000	10-15	Данные измерений в тоннеле скважинах, образцах
Среднезернистые граниты	2,60 2,61	400 1200	0,55 0,80	5000 - 8000	12-22	
Крупно-	2,59	420	0,55	5000 -	12-22	

Горная порода	в г/см^3	æ·10^{-6}	æ	$\rho_к$, Ом·м	$I_{мк}$, Р/г	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
среднезернистые граниты				8000		
Третья фаза						
Мелкозернистые граниты, микрограниты, пегматиты	2,61	200 - 350	0,45	5000 - 8000	10-15 12-17	Данные измерений в тоннеле скважинах, образцах
Метаморфические породы						
Биотитовые сланцы	2,68	200 - 150	0,45	5000 - 8000	8-12	Данные измерений в тоннеле скважинах, образцах
Амфиболовые сланцы	2,75 – 2,86	1600 - 10000	0,90	5000 - 8000	8-15	
Гнейсы	2,69	80 - 120	0,30	5000 - 8000	8-15	
По инженерно-геологическому состоянию						
Граниты всех разновидностей						
Монолитные слабо-трещиноватые	2,59– 2,63			5000 - 8000	12-22	Данные измерений в тоннеле, в скважинах, по образцам
Средне-слабо трещиноватые	2,57– 2,59			3000 - 5000	12-22	
Средне-трещиноватые	2,55– 2,57			2500 - 5000	12-22	
Интенсивно-средне-трещиноватые	2,52– 2,55			1500 - 2500	12-22	
Частично дробленные (крупный щебень, дресва)	2,45– 2,52			750 - 1500	12-22	
Дробление в зоне интенсивного физико-химического выветривания (дресва, песок)	2,40– 2,50	,- +0		300 - 750	10-15	

Горная порода	в г/см^3	æ·10^{-6}	æ	$\rho_к$, Ом·м	$I_{мк}$, Р/г	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
Плотностного разрушения (песок, глина)	2,25–1,9			30-500	3-8	Данные измерений в тоннеле, в скважинах, по образцам
Граниты в районе термальных источников	2,59–2,60	15-150		1500 - 2000	12-20	

3.2. Результаты исследований суточной динамики естественного электрического поля Земли на безрудном объекте

В связи с большим уровнем промышленных помех, связанных со строительными работами на тоннеле, изучение суточной динамики естественного электрического поля удалось провести по двум профилям, проложенным на дневной поверхности параллельно оси Северо-Муйского тоннеля. Изучение магнитного поля провести не удалось, в связи с большим уровнем помех от метало- и железобетонных конструкций. Один профиль пройден в пределах Восточного блока, другой в районе III тектонической зоны (рис. 3.2, 3.3). Одновременно с измерениями ЕП, проводилась регистрация внешних физических воздействий: атмосферного давления барометром анероидным БААМ-1; интенсивности естественной радиоактивности прибором СП-4; температуры почвы и воздуха термометром ТМ-5. Результаты этих измерений представлены на рис. 3.10. Как видно на рисунке, условия измерений в разные сутки значительно отличались по интенсивности внешних физических воздействий. Наиболее интенсивные суточные вариации атмосферного давления наблюдались 16-17.09.98 г., температуры воздуха – 14-15 и 16-17.09.98 г. Как было показано в предыдущем разделе, интенсивность внешних физических воздействий практически не влияет на вариации и амплитуду аномалий динамики полей ЕП и МП над рудными зонами. Их влияние на инженерно-геологическом объекте рассмотрим ниже.

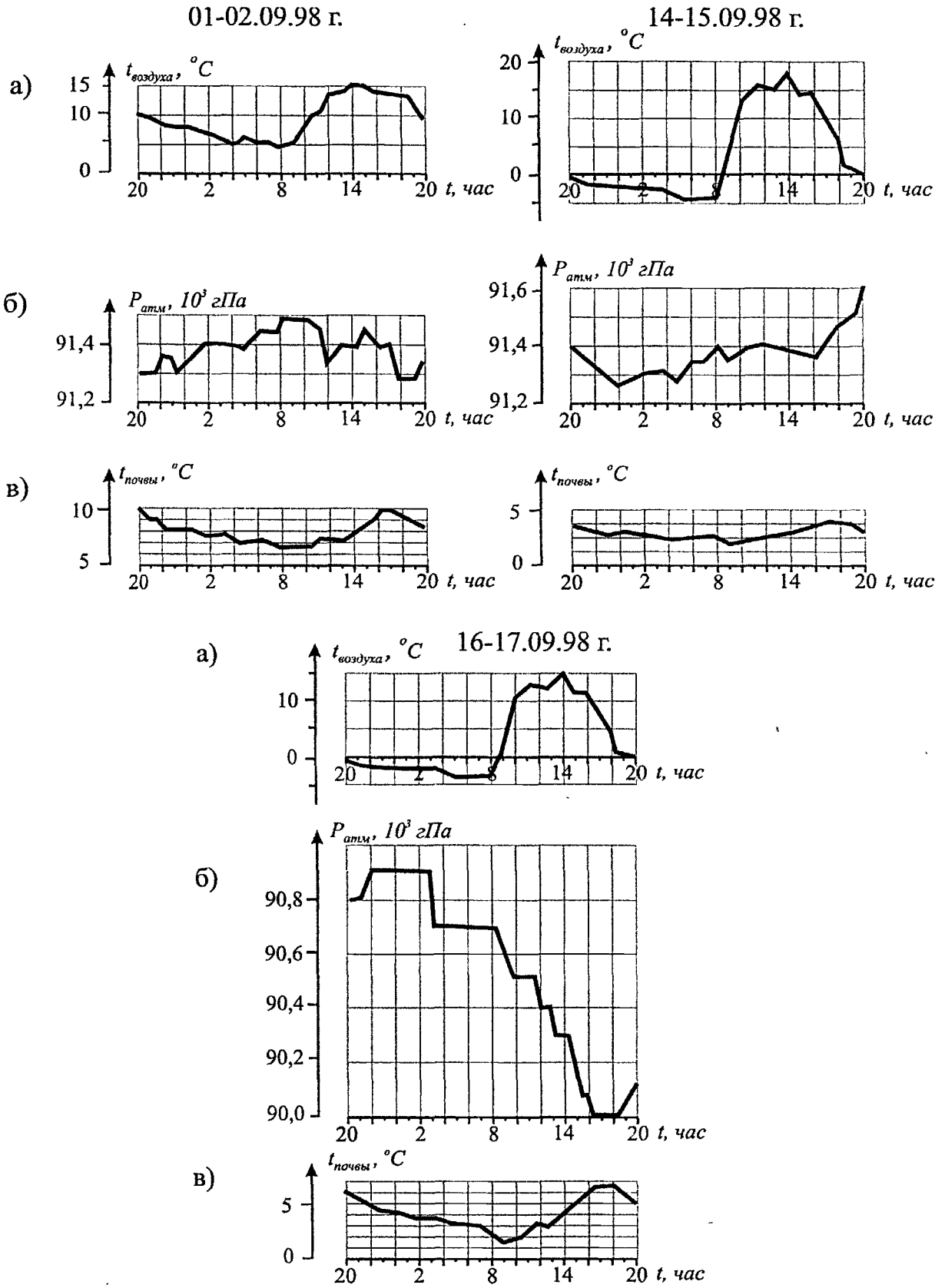


Рис. 3.10. Графики вариаций внешних физических воздействий, выраженных в температуре воздуха (а), атмосферном давлении (б), температуре почвы (в)

Результаты динамических наблюдений представлены в виде графиков суточных вариаций потенциала $U_{ЕП}$ в точках профилей и графиков параметров динамики ЕП, сопоставленных с геологическими разрезами по данным Северо-Муйской ГРП. На рис.3.11-3.12, приведены примеры вариаций потенциала ЕП на ПР 2, пройденном в Восточном блоке, измеренные 01-02.09.98 г.

Проанализируем конфигурацию вариаций, сопоставляя наблюдения с геологическим разрезом, представленным на рис. 3.14.

В северо-западной части профиля на пикетах от 0 до 100, наблюдаются фоновые вариации. С ПК 120 (рис. 3.11) начинает увеличиваться амплитуда вариации в период с 24 до 04 ч. и появляются искажения регулярности в виде отдельных максимумов в 16 и 18 ч. Эти изменения достигают максимума на ПК 160 – 180. На геологическом разрезе здесь указаны два тектонических нарушения в виде одиночных трещин. Далее по профилю амплитуда вариаций уменьшается и вновь возрастает до аномальных значений на ПК 260 над тектоническим нарушением в виде трещины с глинкой трения и «зеркалами» скольжения. Далее по профилю наиболее существенное искажение вариаций наблюдается на ПК 320 – 340 (рис. 3.12). В этих точках профиля вариации вообще изменили свою форму. Аномально пониженные значения потенциала ЕП стали наблюдаться не в ночные часы (24 – 04 ч.), как это было на предыдущих аномальных точках, а в дневные часы (12 – 16 ч.). Здесь на геологическом разрезе указано тектоническое нарушение в виде серии трещин с глинкой трения и «зеркалами» скольжения.

На ПК 360 вариации опять изменили свою форму, а амплитуда параметров динамики повысилась. На этом пикете, на геологическом разрезе тектонические нарушения отсутствуют. Возможно, они не закартированы. Далее по профилю амплитуда вариаций постепенно уменьшается, форма их становиться регулярной и типично фоновой.

Следующее резкое нарушение регулярности вариаций наблюдается на ПК 540. Здесь, на геологическом разрезе указано тектоническое нарушение с глинкой трения и «зеркалами» скольжения. Меньшее по амплитуде, но замет-

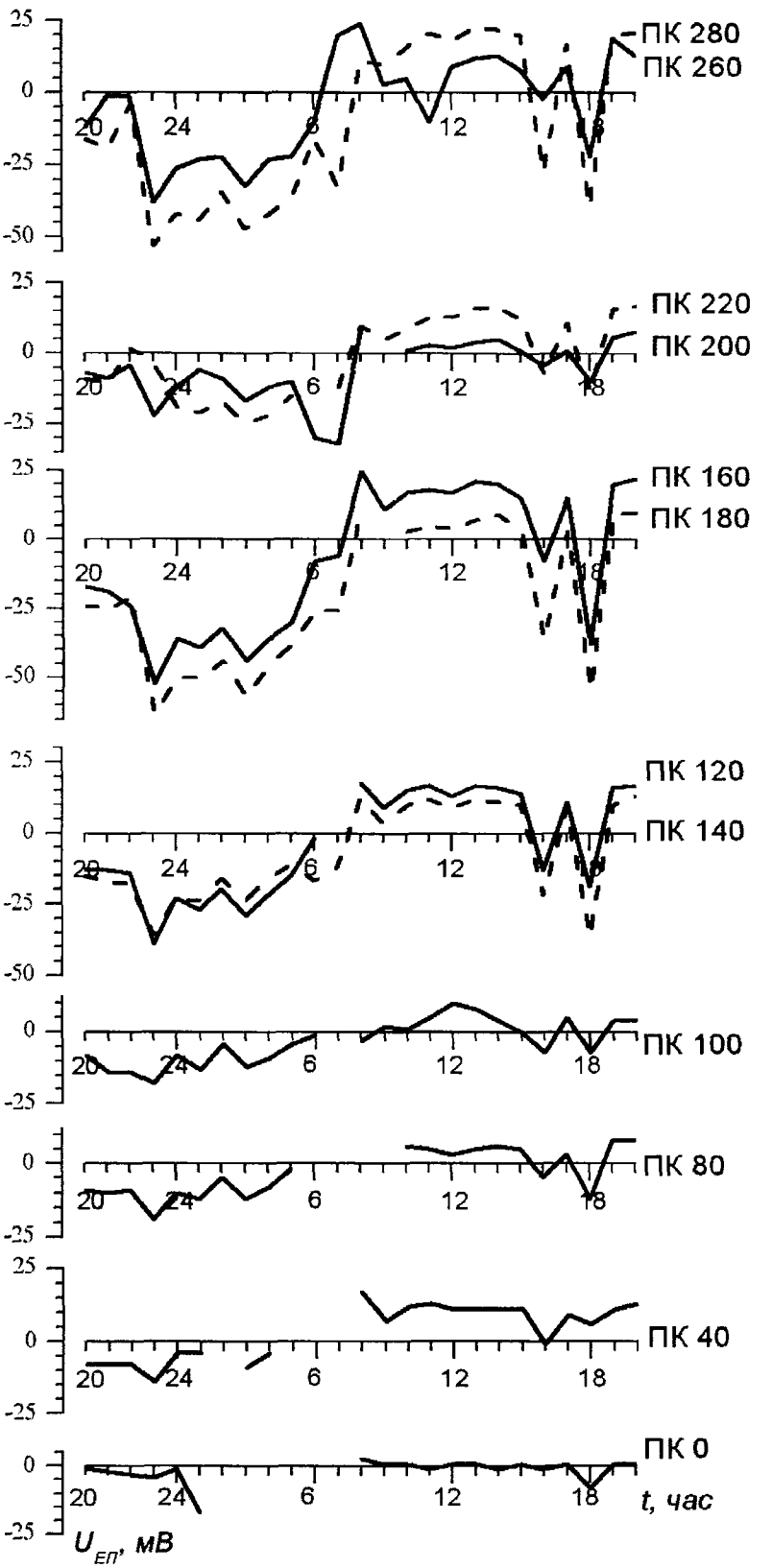


Рис.3.11. Графики зависимости $U_{ЕП}$ от времени t на ПР2 (ПК 0-280) Восточного блока, измеренные 01-02.09.98 г.

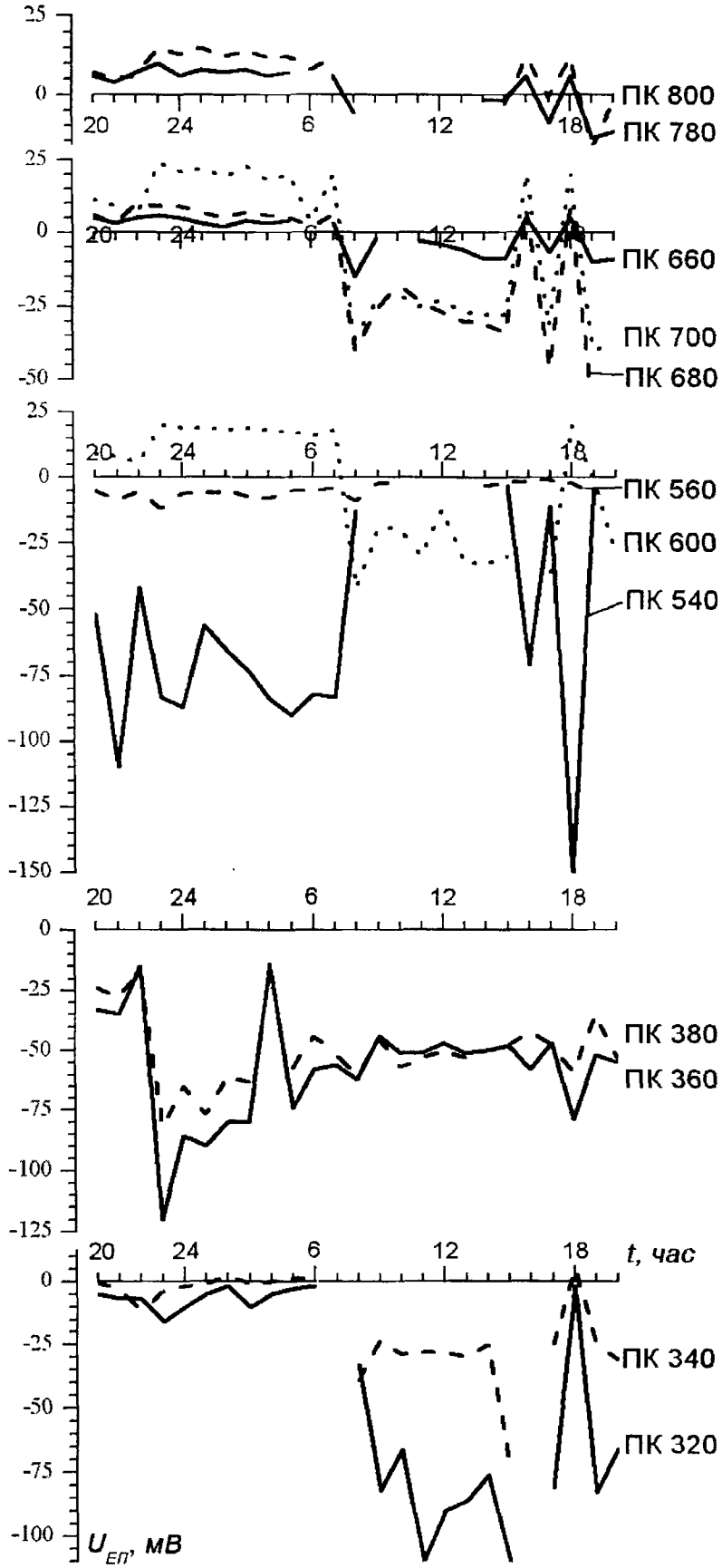


Рис.3.12. Графики зависимости $U_{ЕП}$ от времени t на ПР2 (ПК 320-800) Восточного блока, измеренные 01-02.09.98 г.

ное по сравнению с фоном, нарушение регулярности вариации наблюдается на ПК 600. На геологическом разрезе тектонических нарушений здесь нет.

Последнее аномальное увеличение амплитуды вариаций с характерными искажениями ее формы наблюдается на ПК 680 – 700 над мощной тектонической зоной, состоящей из серии сближенных трещин.

Сопоставление вариаций ЕП с графиками изменения температуры и давления приведенными на рис. 3.10 указывает на отсутствие между ними какой-либо связи. Вариации последних имеют выраженный квазисинусоидальный характер, параметры в течение суток меняются плавно. Вариации ЕП в аномальных точках являются не регулярными, какой либо закономерности в поведении поля ЕП не устанавливается. Графики коэффициентов корреляции между вариациями ЕП, температурой и атмосферным давлением на ПР 2, приведены на рис. 3.13.

На рис. 3.14, приведены графики параметров динамики ЕП по профилю 2.

Как видно на рисунке, в центральной части профиля (ПК 320 - 550) наблюдается небольшая по амплитуде аномалия потенциала ЕП. В ней, на фоне общего минимума, практически над каждой тектонической зоной наблюдаются локальные минимумы $U_{ЕП}$. На графиках параметров аномальной суточной динамики ЕП наблюдаются аномалии разной интенсивности. Наиболее четкие аномалии наблюдаются над тектоническими зонами на ПК 320, 360, 540, над которыми отмечаются и наибольшие искажения регулярности вариаций ЕП. График дисперсии ($\sigma_{ЕП}$) практически дублирует график $\delta U_{ЕП}$, но на ПК 320 аномалия $\sigma_{ЕП}$ контрастнее.

На графике $\Delta E_{ЕП}$ наблюдаются две наиболее интенсивные аномалии над тектоническим нарушениями на ПК 320 и 540.

Таким образом, обобщая изложенное, можно сделать вывод о том, что практически над всеми тектоническими нарушениями наблюдается изменение формы суточных вариаций потенциала ЕП. Но степень изменений различна. В одних случаях, они проявляются как не очень большое увеличение амплитуды вариаций в определенном диапазоне времени. При этом форма вариаций не на-

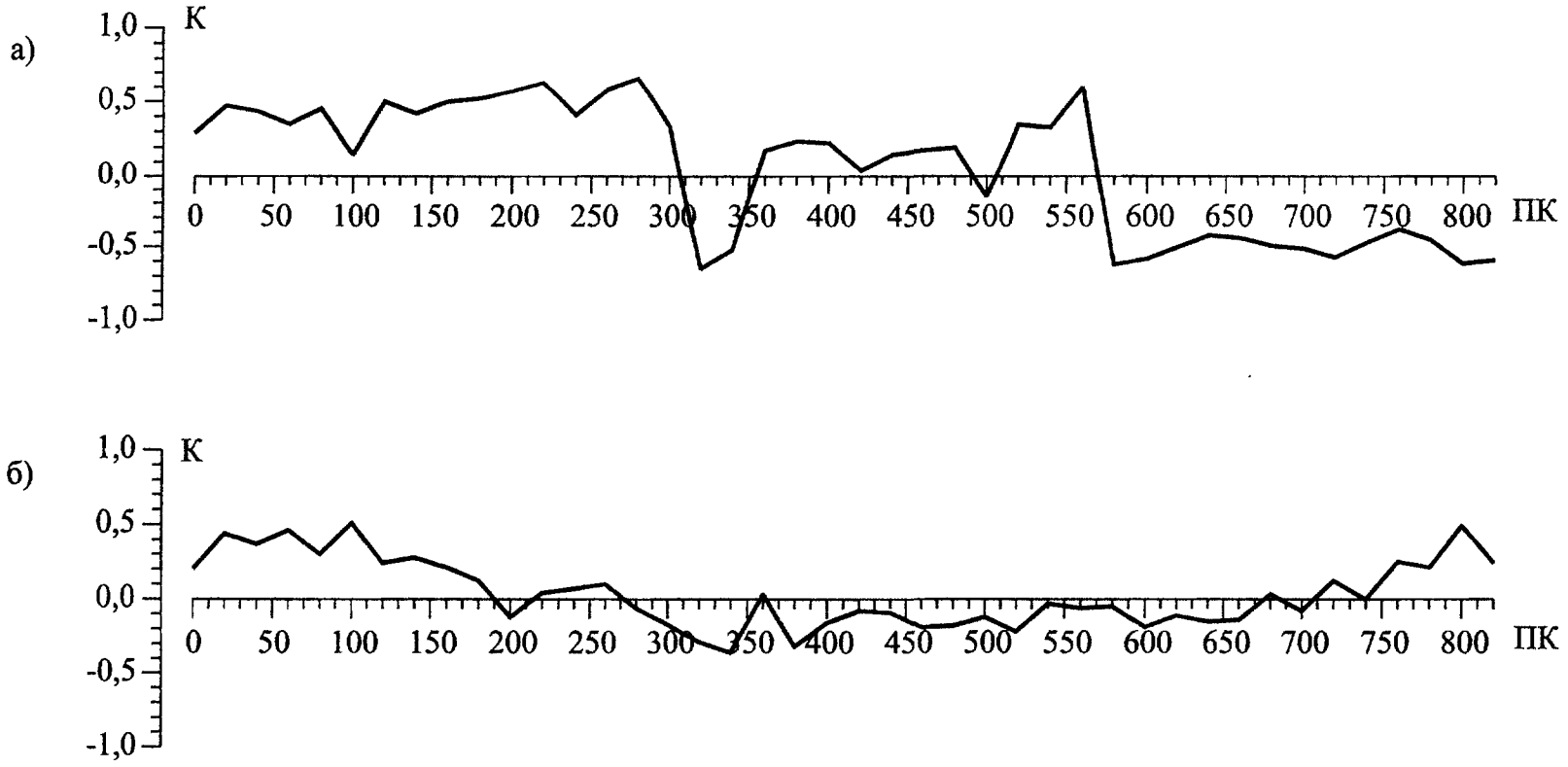
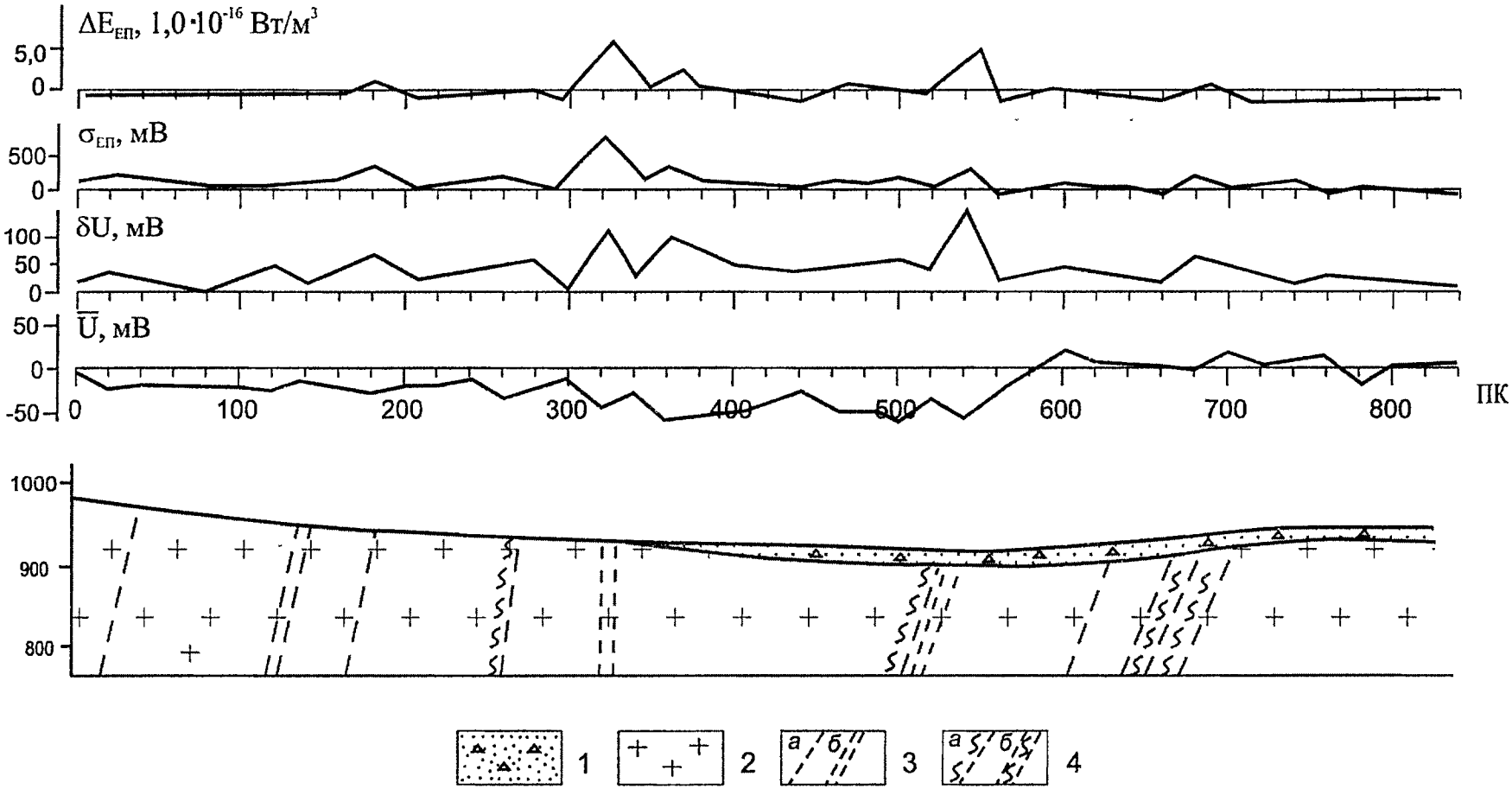


Рис. 3.13. Графики коэффициентов корреляции между вариациями потенциала ЕП и температуры воздуха (а) и атмосферного давления (б) по профилю 2 Восточного блока



1 – четвертичные отложения; 2 – граниты мелко-среднезернистые; 3 - трещины сухие (одиночные (а), серия трещин (б));
4 – трещины с глинкой трения и «зеркалами» скольжения (одиночные (а), серия трещин (б))

Рис. 3.14. Графики параметров динамики ЕП по профилю 2 Восточного блока, полученные 1-2.09.98 г.

(Геологический разрез по данным Северо-Муйской ГРП)

рушается. В других, происходит резкое изменение регулярности вариаций и их формы. С пикетами резкого изменения формы вариаций совпадают максимальные аномалии параметров динамики ЕП.

С большой степенью вероятности можно предположить, что тектонические нарушения, над которыми наблюдаются такие комплексные аномалии динамики ЕП, являются энергоактивными каналами на данном профиле и характеризуются современной тектонической активностью. Как следует из вышеописанного – это главным образом тектонические нарушения с глинкой трения и «зеркалами» скольжения. По-видимому, существование таких границ тектонических нарушений среди массивов горных пород (в данном случае гранитов) является благоприятным условием существования энергоактивного канала.

Рассмотрим результаты наблюдений по профилю 3, пройденному субпараллельно проекции тоннеля на дневную поверхность, на участке III тектонической зоны. На рис. 3.15, приведены примеры графиков измерений потенциала ЕП в зависимости от времени в разных точках профиля.

Наиболее интенсивное искажение регулярности вариаций в виде аномального повышения амплитуды ЕП до 90 мВ в утренние часы наблюдается на ПК 380. На геологическом разрезе (рис. 3.16) здесь указана зона трещиноватых пород с глинисто-песчано-дресвяным заполнителем, ограниченная нарушениями с глинкой трения и «зеркалами» скольжения. Более слабые, но заметные по сравнению с фоновыми, искажения вариаций наблюдаются на ПК 300, 500, 600, 680, 820. На геологическом разрезе, на ПК 300, 500, 800 указаны тектонические нарушения, характеризующиеся наличием выраженных контактов в виде глинки трения и «зеркал» скольжения. На ПК 600, 680 геологический разрез однороден. Не исключено, что имеющиеся здесь тектонические нарушения не закартированы.

Сопоставление графиков вариаций ЕП с графиками изменения температуры и атмосферного давления оказывает, что некоторые аномальные искажения вариаций, наблюдаемые в период с 7 до 10 часов, совпадают с резким изменением температуры воздуха, произошедшим с 8 до 10 часов. Но на большинстве пикетов искажения наблюдаются в 11 часов местного времени. Темпе-

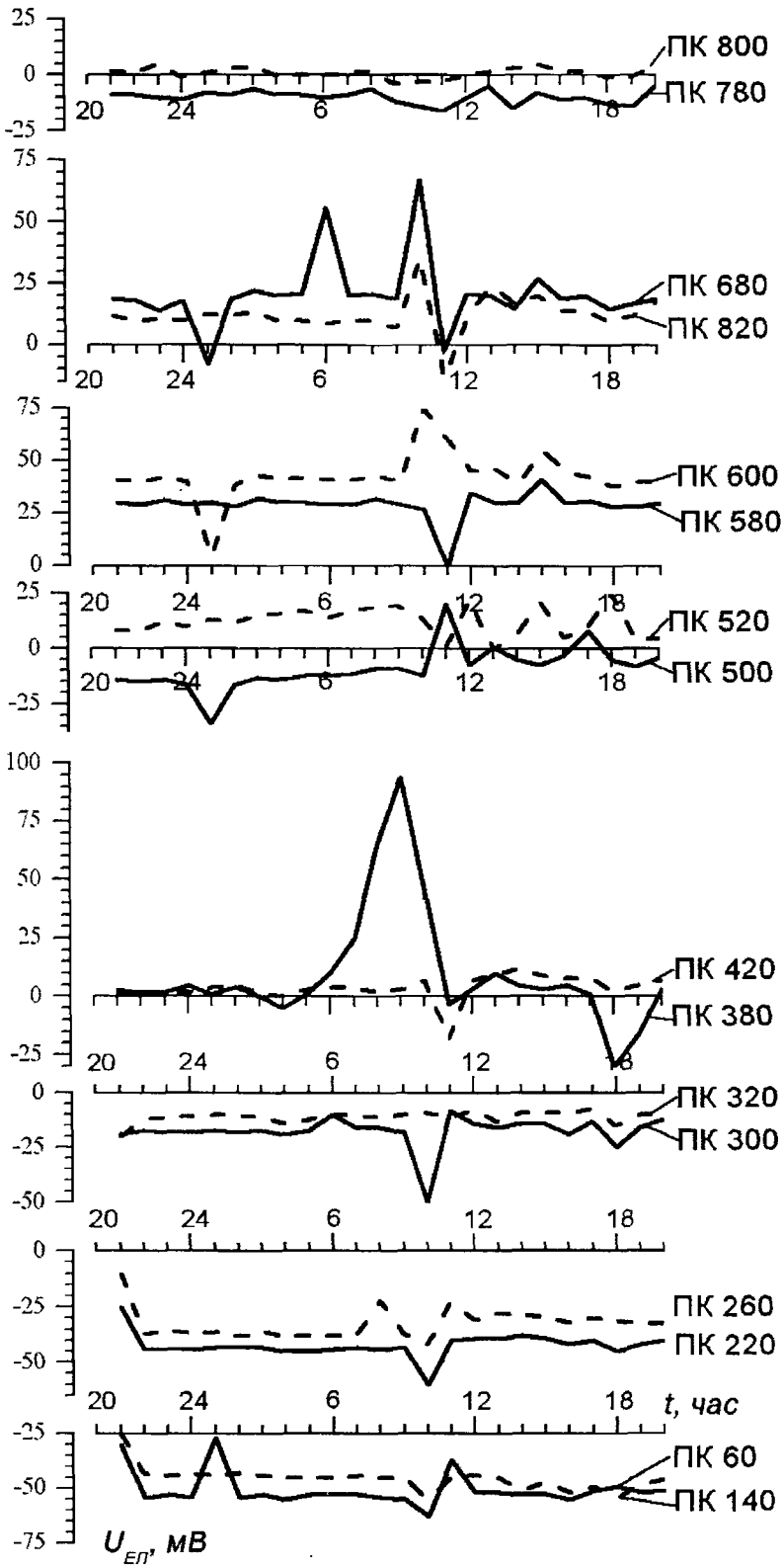
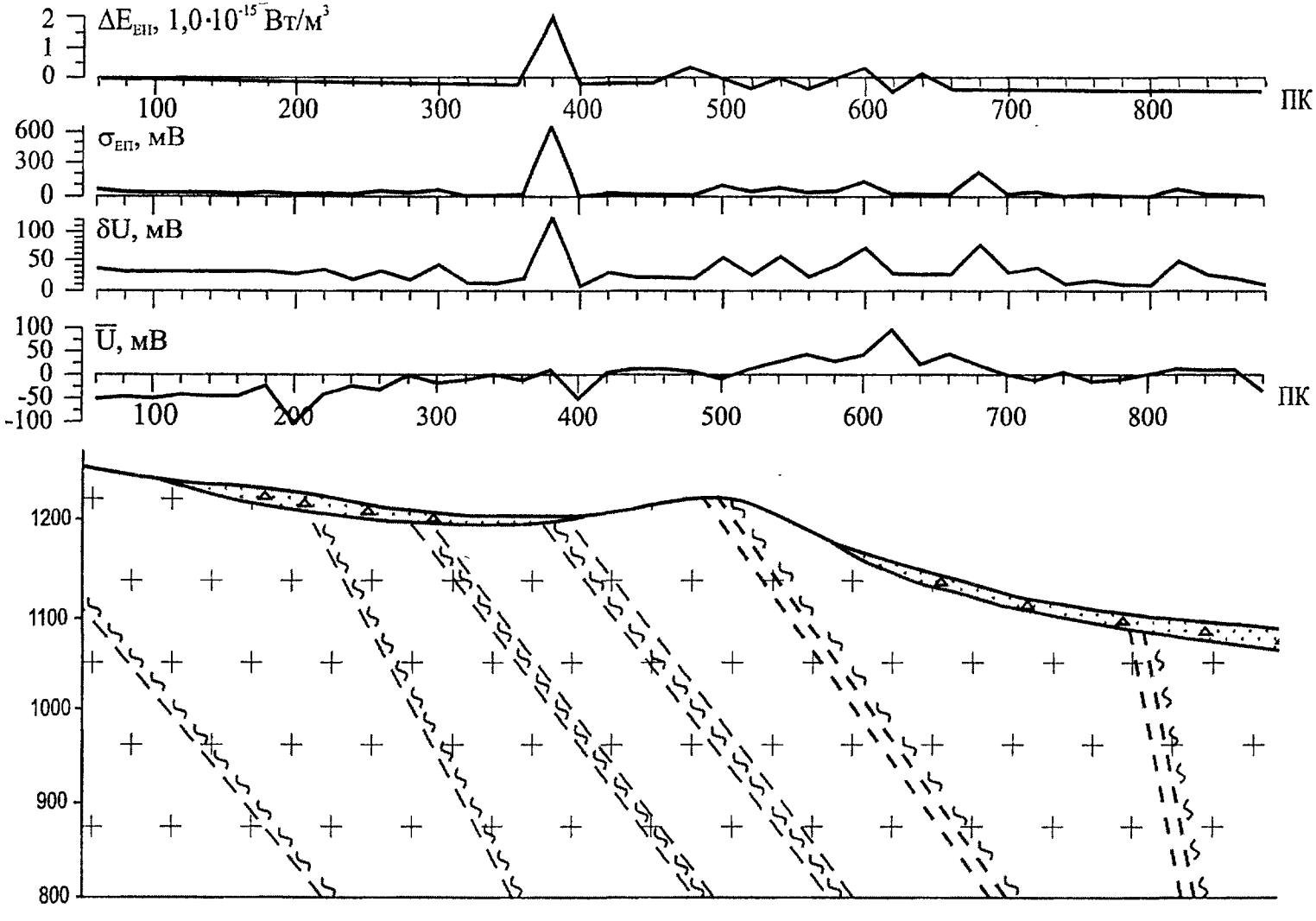


Рис.3.15. Графики зависимости $U_{ЕП}$ от времени t на ПР3 III тектонической зоны, измеренные 16-17.09.98 г.



Условные обозначения на рис. 3.14

Рис. 3.16. Графики параметров динамики ЕП по профилю 3 (ПК 60-880) на III тектонической зоне, полученные 16-17.09.98 г. (Геологический разрез по данным Северо-Муйской ГРП)

ратура почвы в это время резких изменений не претерпевала. Поэтому вряд ли этот градиент температуры воздуха можно считать причинами аномального искажения вариаций над тектоническими зонами. Локальность этих искажений во времени не увязывается и с длительным градиентом атмосферного давления, наблюдаемым с 8 до 16 часов.

На всех графиках параметров динамики, представленных на рис. 3.16, наиболее контрастные аномалии наблюдаются на ПК 380, где амплитуда искажения вариаций максимальна. На графике $\Delta E_{ЕП}$ эта аномалия единственная.

Над другими тектоническими нарушениями, указанными на геологическом разрезе, аномалий параметров динамики либо нет, либо они весьма слабые. Можно сделать вывод, что в этой части профиля, из всех тектонических зон, указанных на геологическом разрезе, лишь одна является четко выраженным энергоактивным каналом, обусловленным современной тектонической активностью зоны.

На рис.3.17 приведены примеры графиков вариаций ЕП в остальной части профиля 3. Наиболее выраженные аномальные искажения вариаций наблюдаются на ПК 1120, 1280, 1380. Менее выраженные искажения на ПК 1580. Искажения наблюдаются либо в виде скачков потенциала в отдельные моменты времени, либо в виде резкого ступенчатого его изменения.

На геологическом разрезе, приведенном на рис. 3.18, на этих пикетах указаны тектонические нарушения, характеризующиеся наличием выраженных границ в виде глинки трения и «зеркал» скольжения.

На рис. 3.18 на этих же пикетах наблюдаются три аномальные зоны, параметров динамики ЕП, особенно четко фиксируемые на графиках параметров $\sigma_{ЕП}$ и $\Delta E_{ЕП}$.

Характерным является тот факт, что на геологическом разрезе указаны еще более шести тектонических нарушений разного типа, над которыми аномалий динамики нет. При этом четыре нарушения (ПК 880, 1050, 1200, 1600), судя по условным обозначениям, представлены трещинами с глинкой трения и «зеркалами» скольжения, то есть, аналогичны тем, над которыми наблюдаются аномалии параметров динамики.

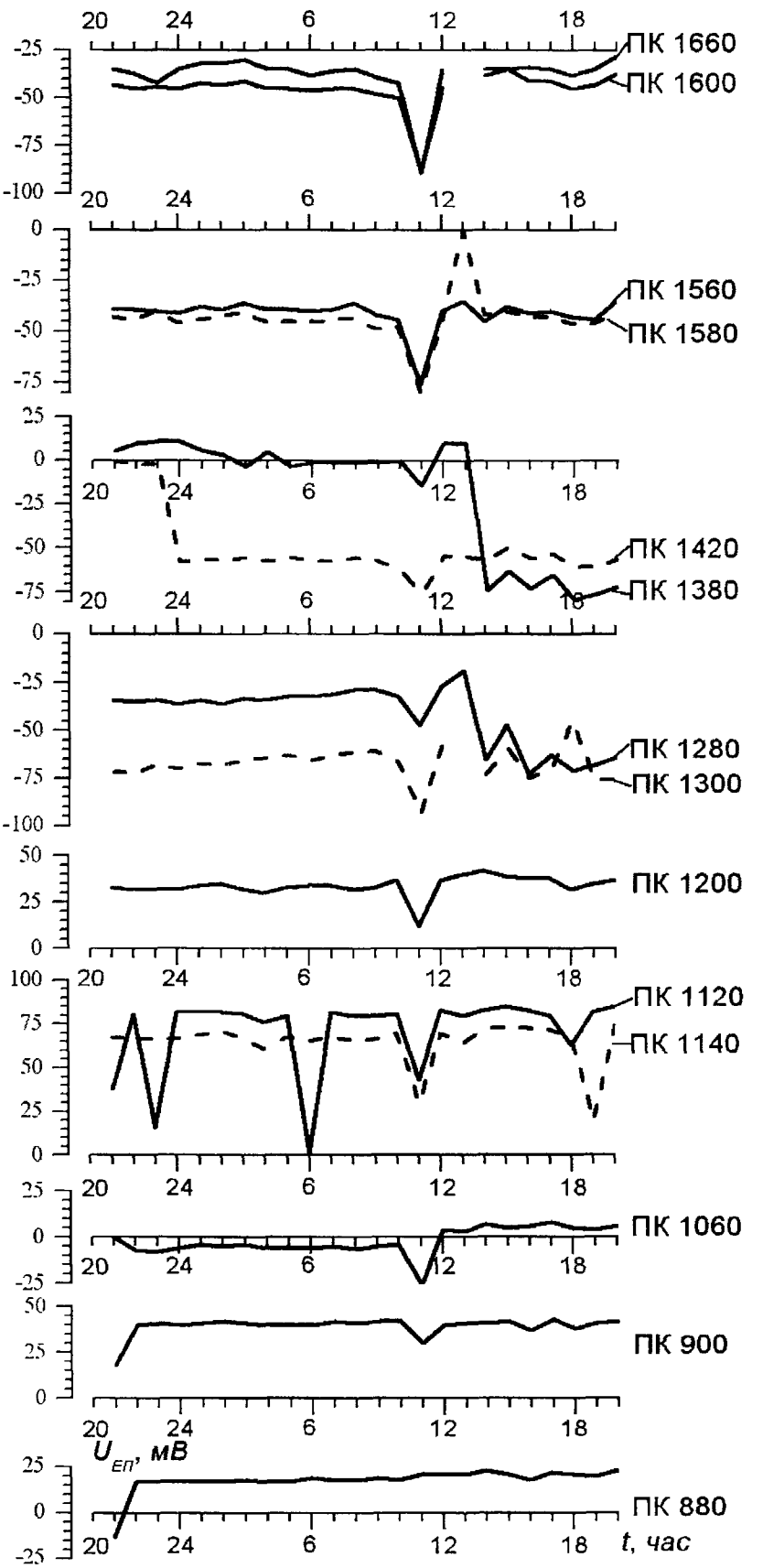
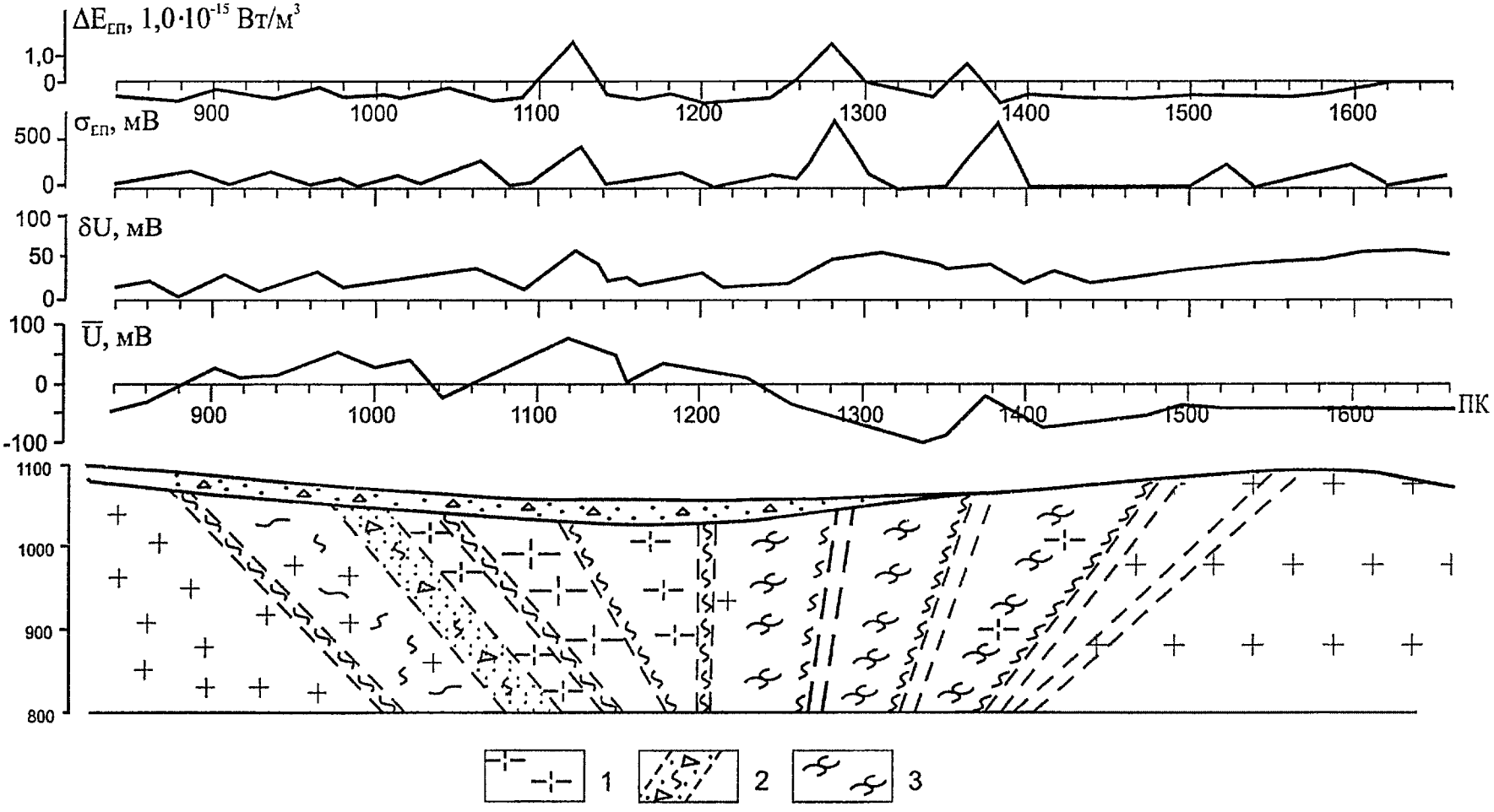


Рис.3.17. Графики зависимости $U_{ЕП}$ от времени t на ПРЗ (ПК 840-1660) III тектонической зоны, измеренные 14-15.09.98 г.



1 – средне-крупнозернистые биотит-роговообманковые граниты; 2 – зона интенсивного дробления; 3 – зона повышенной трещиноватости

Рис. 3.18. Графики параметров динамики ЕП по профилю 3 (ПК 840-1660) на III тектонической зоне, полученные 14-15.09.98 г. (Геологический разрез по данным Северо-Муйской ГРП)

Сопоставление вариаций ЕП с графиками изменения температуры и атмосферного давления, измеренных в эти же сутки (рис. 3.10), также указывает на отсутствие связи и атмосферным давлением на ПР 3, приведены на рис. 3.19-3.20.

Таким образом, исследование динамики естественного электрического поля на безрудном инженерно-геологическом объекте в виде Муйского тоннеля показало:

– Над отдельными тектоническими нарушениями, имеющими четкие границы в виде глинки трения и «зеркал» скольжения, наблюдаются аномальные искажения вариаций ЕП и аномалии параметров динамики по амплитуде и характеру искажений аналогичные наблюдаемым над оловорудными зонами. В то же время не все аналогичные тектонические нарушения создают аномалии динамики ЕП, т.е. обладают современной тектонической активностью.

– Форма искажений вариаций ЕП в энергоактивных зонах многообразна. В одних случаях это отдельные локальные повышения или понижения потенциала ЕП в определенные моменты времени, в других это изменения потенциала в виде ступеньки, в третьих – описанные искажения наблюдаются вместе в течение одних суток.

– Практически не создают аномалий динамики ЕП нарушения в виде одиночных «сухих» трещин, либо серии таких трещин.

– Изучение динамики естественного электрического поля позволяет картировать энергоактивные тектонические нарушения, характеризующиеся современной тектонической активностью.

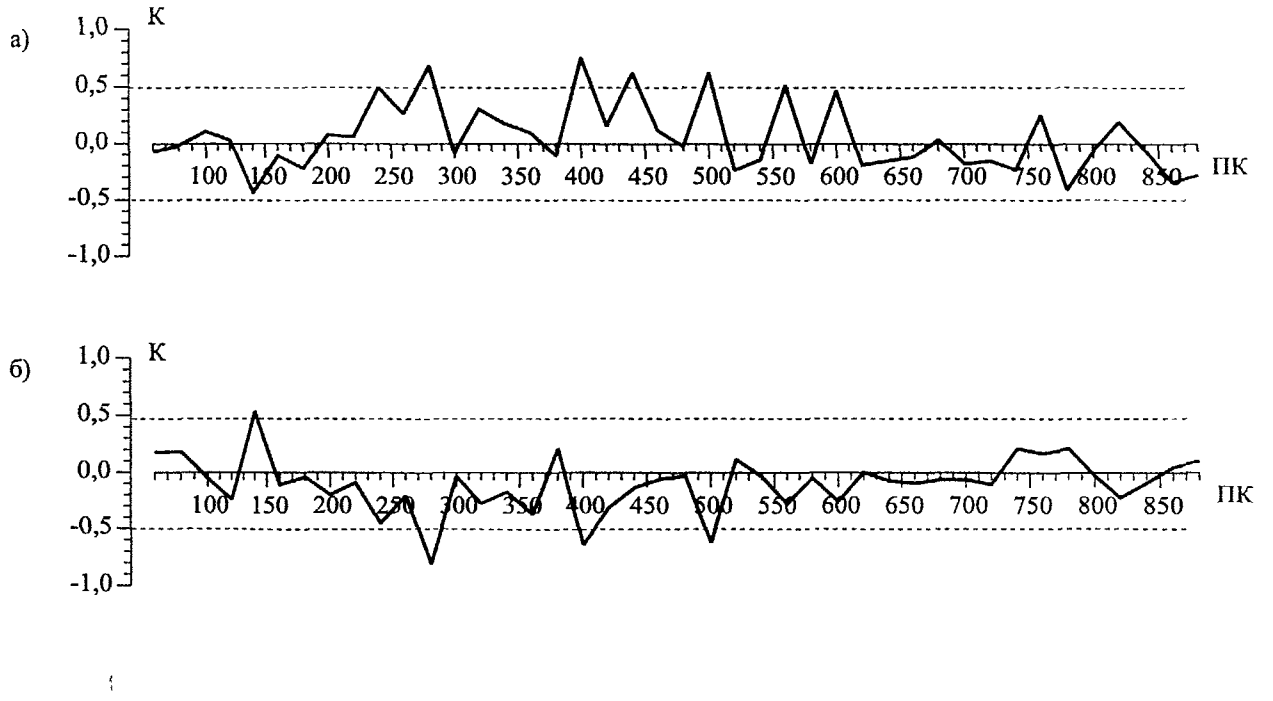


Рис. 3.19. Графики коэффициентов корреляции между вариациями потенциала ЕП и температуры воздуха (а) и атмосферного давления (б) на ПК 60-880 по профилю 3 III тектонической зоны

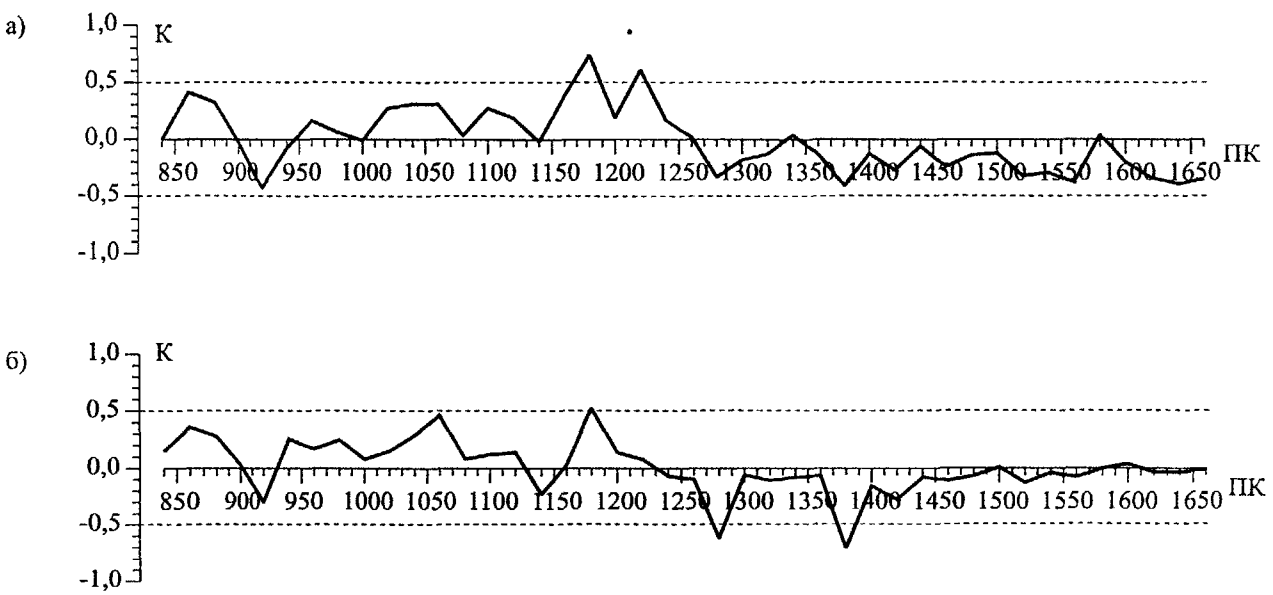


Рис. 3.20. Графики коэффициентов корреляции между вариациями потенциала ЕП и температуры воздуха (а) и атмосферного давления (б) на ПК 840-1660 по профилю 3 III тектонической зоны

4. Исследования динамики геохимических ореолов на оловорудных месторождениях Комсомольского рудного района

Объектом исследований являлись вторичные ореолы рассеяния, формирующиеся в поверхностных образованиях (почвах, элювиально-делювиальных отложениях и т.д.) при гипергенном изменении оловорудных месторождений Комсомольского рудного района, и первичные ореолы рассеяния над вскрытыми рудными зонами. В результате геохимического опробования рудовмещающих пород установлено, что рудные тела Комсомольского рудного района сопровождаются широкими и интенсивными ореолами химических элементов. Элементный состав первичных геохимических ореолов включает Sn, Pb, As, Cu, Bi, Zn, Ag, Mo, Co, Ni, W [20]. Эти же элементы содержаться в разных количествах и во вторичных ореолах рассеяния.

Установлена значительная протяженность ореолов над слепыми рудными телами. Так, ореолы олова и ряда других элементов прослежены над некоторыми рудными телами по их восстанию более чем на 500 м.

Для литогеохимических исследований были выбраны две рудные зоны: «Соболиная», где аномалии динамики естественного электрического поля довольно четко увязываются с геологическим разрезом и, в частности рудными зонами, и зона «Майская», где аномалии динамики ЕП с рудными зонами практически не увязываются. Геологическое строение обеих зон рассмотрено в главе 2.

4.1. Зона «Соболиная»

Исследования на зоне «Соболиная» проводились по трем профилям (ПР 2, 3, 4), на которых были проведены работы методами ЕП и МП.

На профиле 2 отбор проб осуществлялся на отдельных пикетах наблюдения, выбранных над рудными зонами (ПК 100, 130) и в удалении от них (ПК 60, 110).

На рис. 4.1 - 4.3 приведены графики изменения во времени содержания химических элементов входящих в состав рудных зон (Sn; Pb, Ag, Fe, Mo, Zn).

На ПК 60, приуроченном к области распространения верхнемеловых осадочно-вулканогенных отложений и удаленном от рудных зон (рис. 4.4), вариации содержания всех элементов имеют спокойный квазилинейный характер без каких-либо резких отклонений (пульсаций). Такой же «фоновый» характер вариаций содержаний элементов наблюдается на ПК 110, расположенном справа от выхода к дневной поверхности основной рудной зоны (рис. 4.4). На ПК 100 и 130, расположенных над рудными зонами характер вариаций меняется, причем, у разных элементов он различен. На ПК 100 над рудной зоной, выходящей к дневной поверхности, в 20 ч местного времени в виде одиночного импульса произошло заметное увеличение (в 2-3 раза по сравнению с фоном) содержания трех элементов (Pb, Zn, Ag). Менее выраженное увеличение содержания примерно в это же время у Fe. У Sn повышение содержания наблюдается в 2, 6 и 10 ч. Концентрация Mo в 22, 24 ч наоборот понизилась. У меди вариация имеет квазисинусоидальный характер без резких отклонений. На ПК 130 над рудной зоной, перекрытой выветрелыми породами, наблюдается заметное увеличение в 2-3 раза содержания свинца (в 2 и 10 ч), цинка (в 10 ч) и серебра (в 4 и 10 ч). У меди, молибдена и железа вариации содержаний в течение суток имеют флюктуационный характер без ярко выраженных максимумов и минимумов.

На рис. 4.4 приведены диаграммы распределения по пикетам ПР 2 средних содержаний и максимальных отклонений (динамики) этих элементов, сопоставленные с геологическим разрезом. В соответствии с характером вышеописанных вариаций максимальное отклонение содержаний от средних значений над обеими рудными зонами наблюдается у Pb и Zn, меньшее – у Ag, еще меньшее у Sn, только над рудной зоной, выходящей к дневной поверхности.

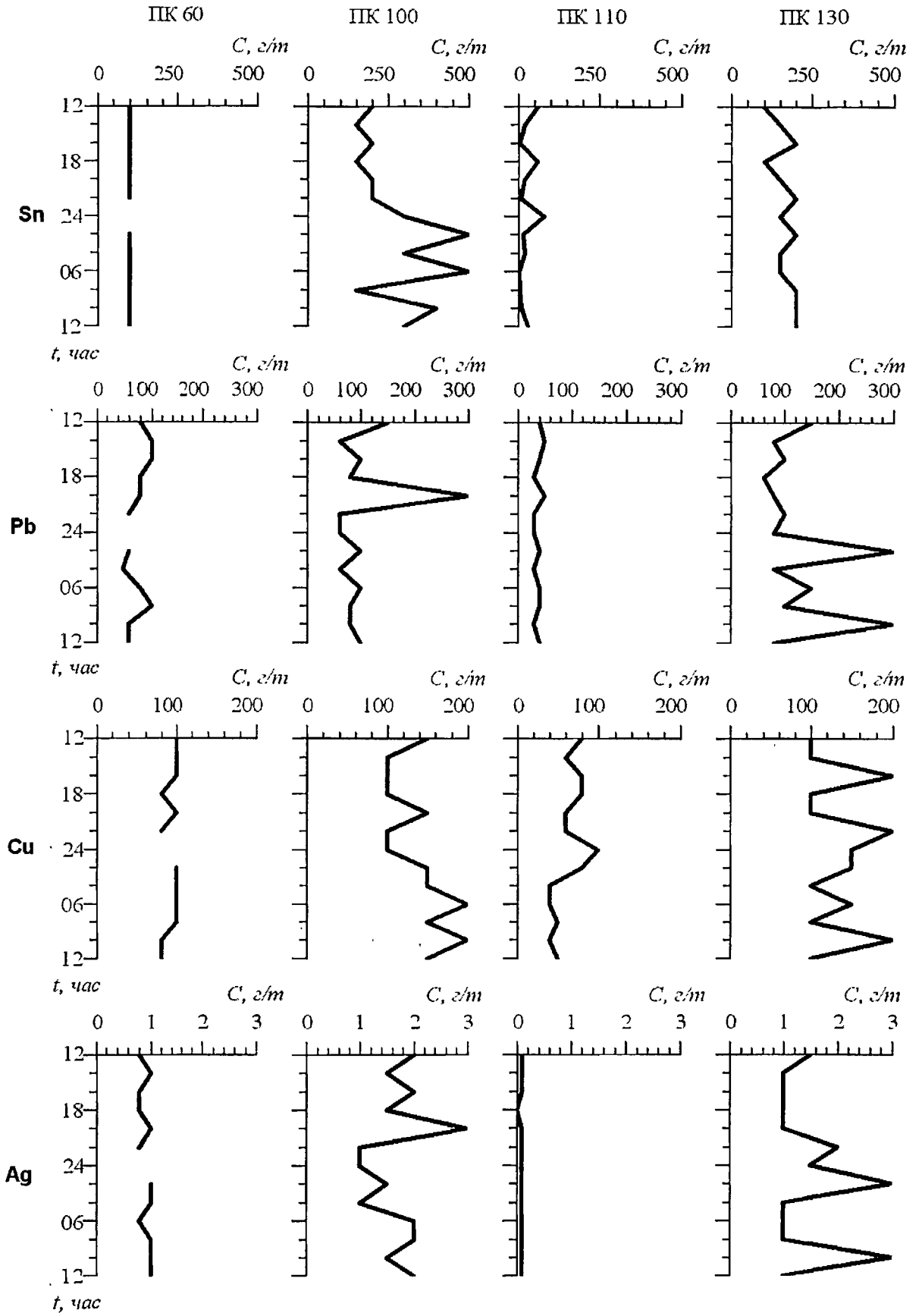


Рис.4.1. Графики зависимости содержания химических элементов (Sn, Pb, Cu, Ag) от времени, пробы отобраны на профиле 2 зоны «Соболиная»

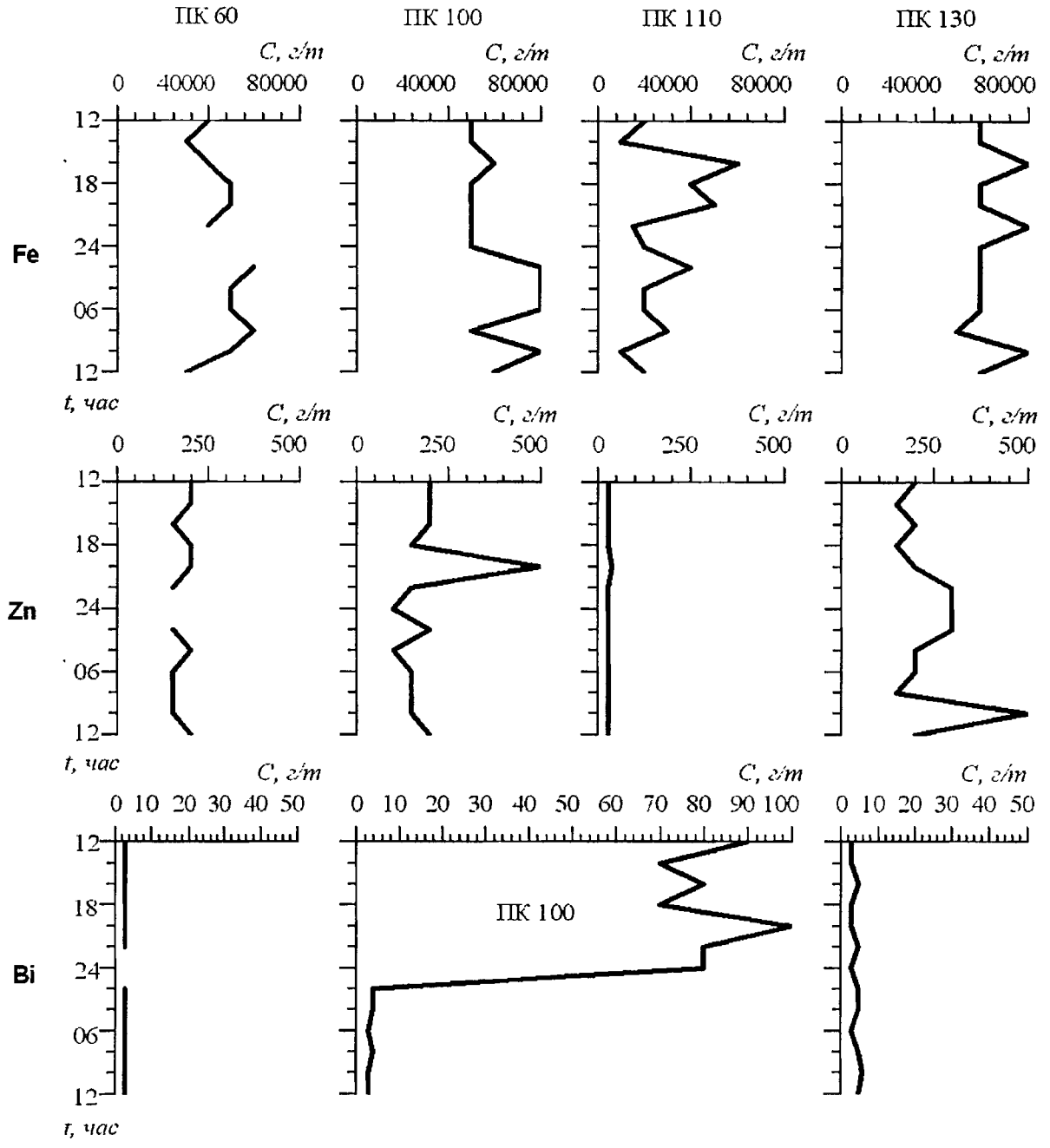


Рис.4.2. Графики зависимости содержания химических элементов (Fe, Zn, Bi) от времени, пробы отобраны на профиле 2 зоны «Соболиная»

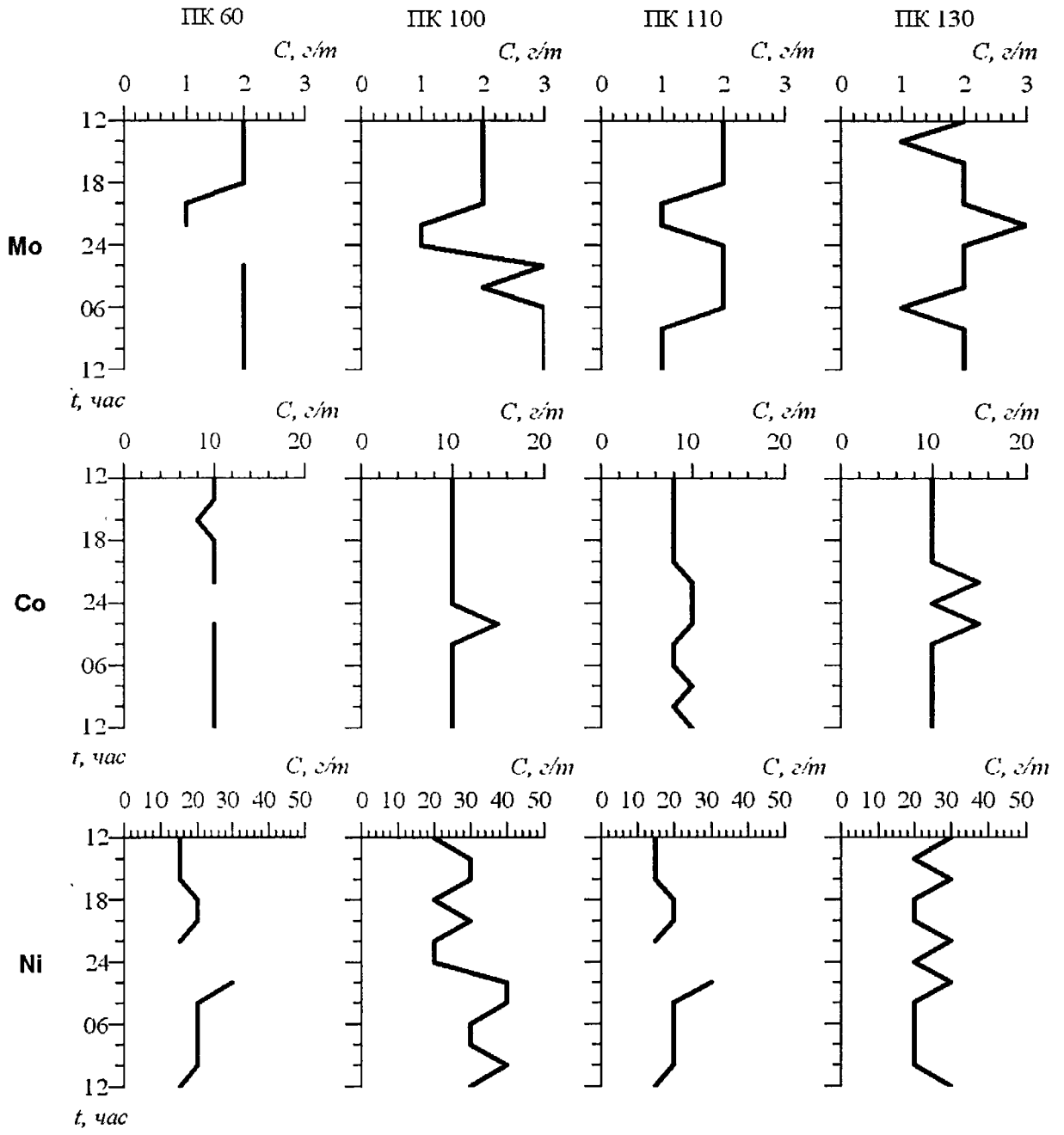
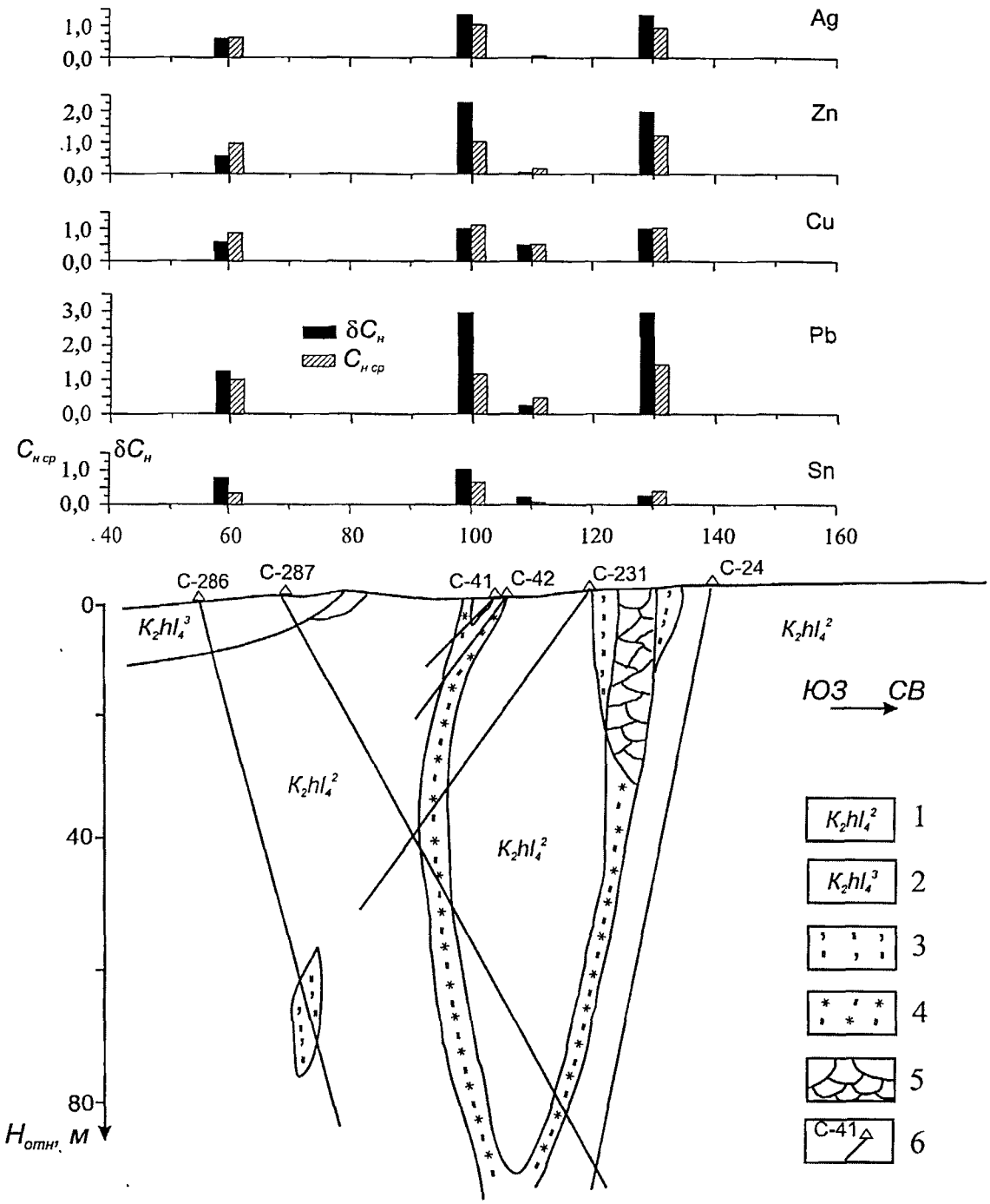


Рис.4.3. Графики зависимости содержания химических элементов (Mo, Co, Ni) от времени, пробы отобраны на профиле 2 зоны «Соболиная»



1 – конгломераты, туфоконгломераты;
2 – конгломераты, туфы липарито-дацитов и туфоконгломераты;
3 – кварц-серицитовые образования;
4 – кварц-турмалиновые образования;
5 – сильно выветрелые породы;
6 – скважина

Рис. 4.4. Диаграммы нормированных показателей максимальной суточной динамики и средних содержаний элементов (Sn, Pb, Cu, Zn, Ag) по профилю 2 зоны «Соболиная» (Геологический разрез по данным Комсомольской партии)

На рис. 4.5 приведены графики изменения во времени содержания элементов входящих в состав горных пород (Ca, Na, Mg, Cr) на тех же пикетах профиля 2.

Только у хрома наблюдается аномальное повышение содержания над рудной зоной на ПК 100, и особенно, на ПК 110, справа от ее выхода на дневную поверхность. Вариации содержания остальных элементов имеют «фоновый» характер, как над рудными зонами, так и в стороне от них.

На рис. 4.6. приведены диаграммы распределения по пикетам профиля 2 средних содержаний указанных элементов и их динамики, сопоставленные с геологическим разрезом. На диаграммах четко выражена аномальная динамика содержаний хрома над выходящей к поверхности рудной зоной. Динамика остальных элементов имеет «фоновый» характер.

Сравнение графиков вариаций содержания химических элементов с вариациями естественного электрического поля на тех же пикетах (рис. 2.7), полученных в те же сутки, показывает отсутствии связи между ними. Вариации ЕП на всех пикетах, кроме ПК 105, имеют «фоновый характер» без всяких нарушений их квазилинейной регулярности. Описанные выше вариации содержания отдельных элементов (Sn, Pb, Ag, Cr, Zn) имеют ярко выраженные импульсные нарушения регулярности в определенные часы местного времени, когда содержание элементов увеличивается в 2 – 3 раза.

На рис. 4.7-4.9 приведены рассчитанные коэффициенты корреляции между содержанием различных элементов и потенциалом ЕП, температурой воздуха и атмосферным давлением.

На рис. 4.7 приведены коэффициенты корреляции между суточными вариациями потенциала ЕП и содержанием различных элементов на пикетах профиля 2. У большинства элементов коэффициенты корреляции имеют низкие значения, как над рудной зоной, так и в стороне от нее, что указывает на отсутствие связи между этими явлениями. На рис. 4.8, 4.9 приведены коэффициенты корреляции между суточными вариациями температуры воздуха, атмосферного давления и содержанием различных элементов на пикетах ПР 2. Низкие значе-

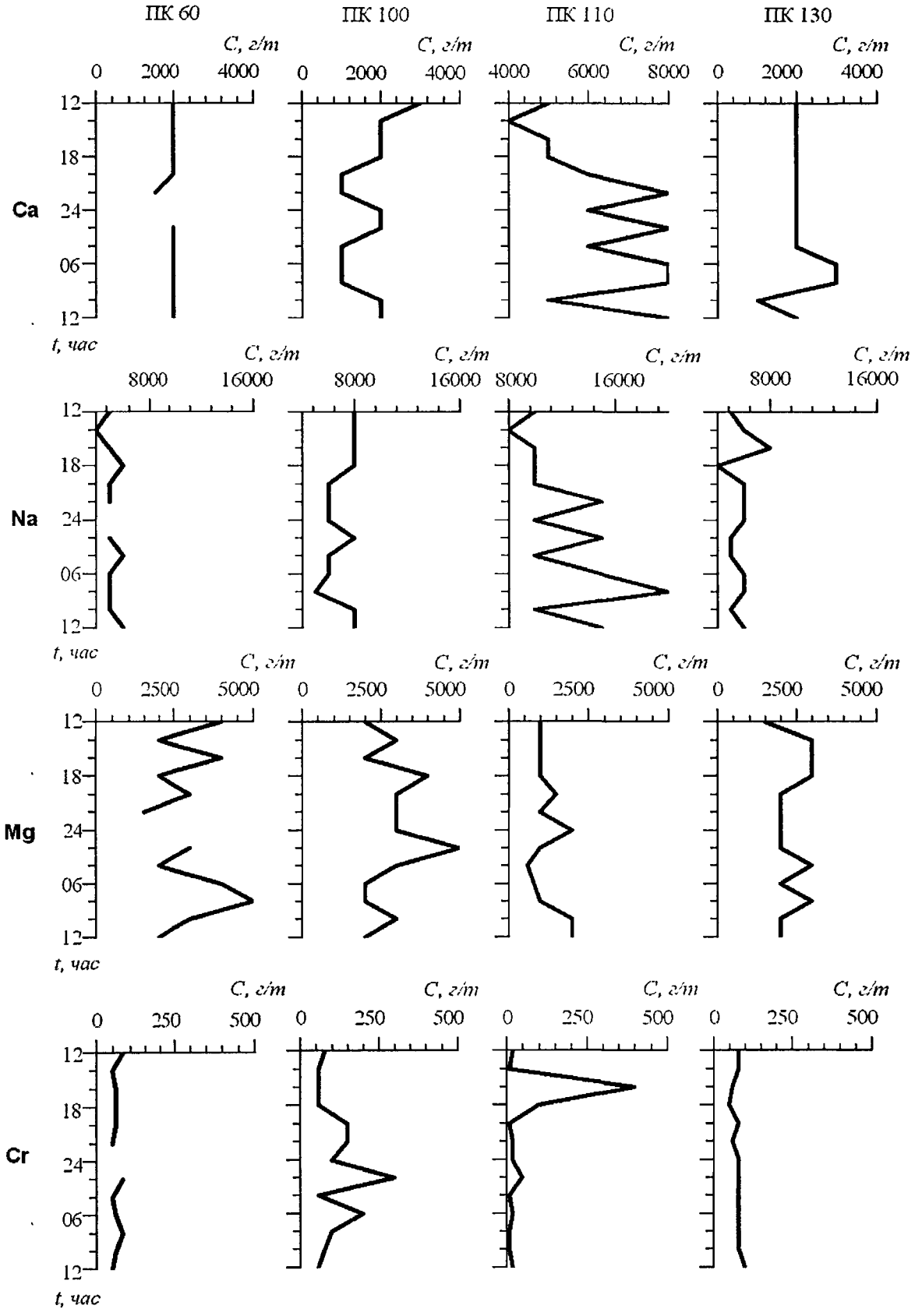
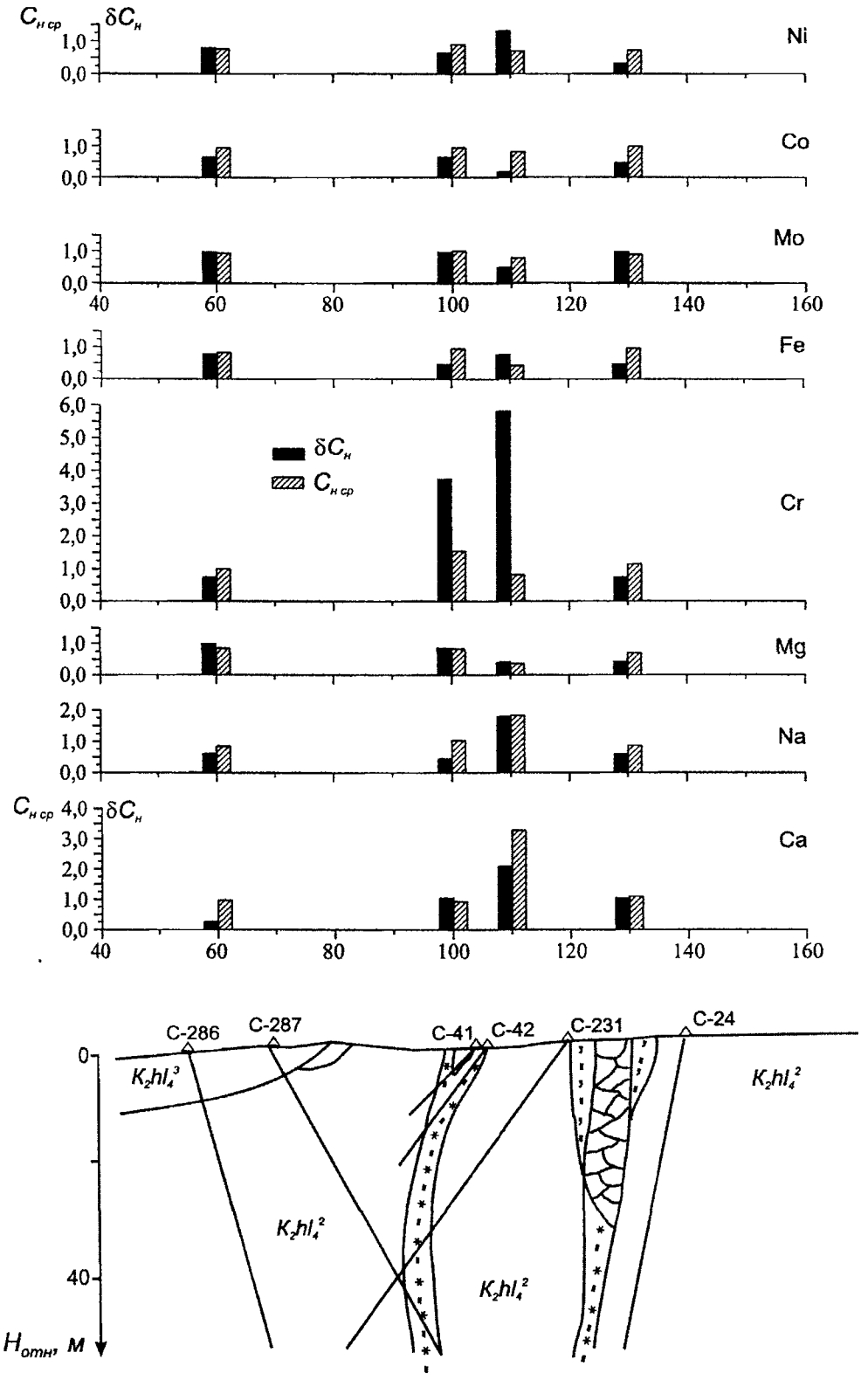


Рис.4.5. Графики зависимости содержания химических элементов (Ca, Na, Mg, Cr) от времени, пробы отобраны на профиле 2 зоны «Соболиная»



Условные обозначения на рис. 4.4

Рис. 4.6. Диаграммы нормированных показателей максимальной суточной динамики и средних содержаний элементов (Ca, Na, Mg, Cr, Fe, Mo, Co, Ni) по профилю 2 зоны «Соболиная» (Геологический разрез по данным Комсомольской партии)

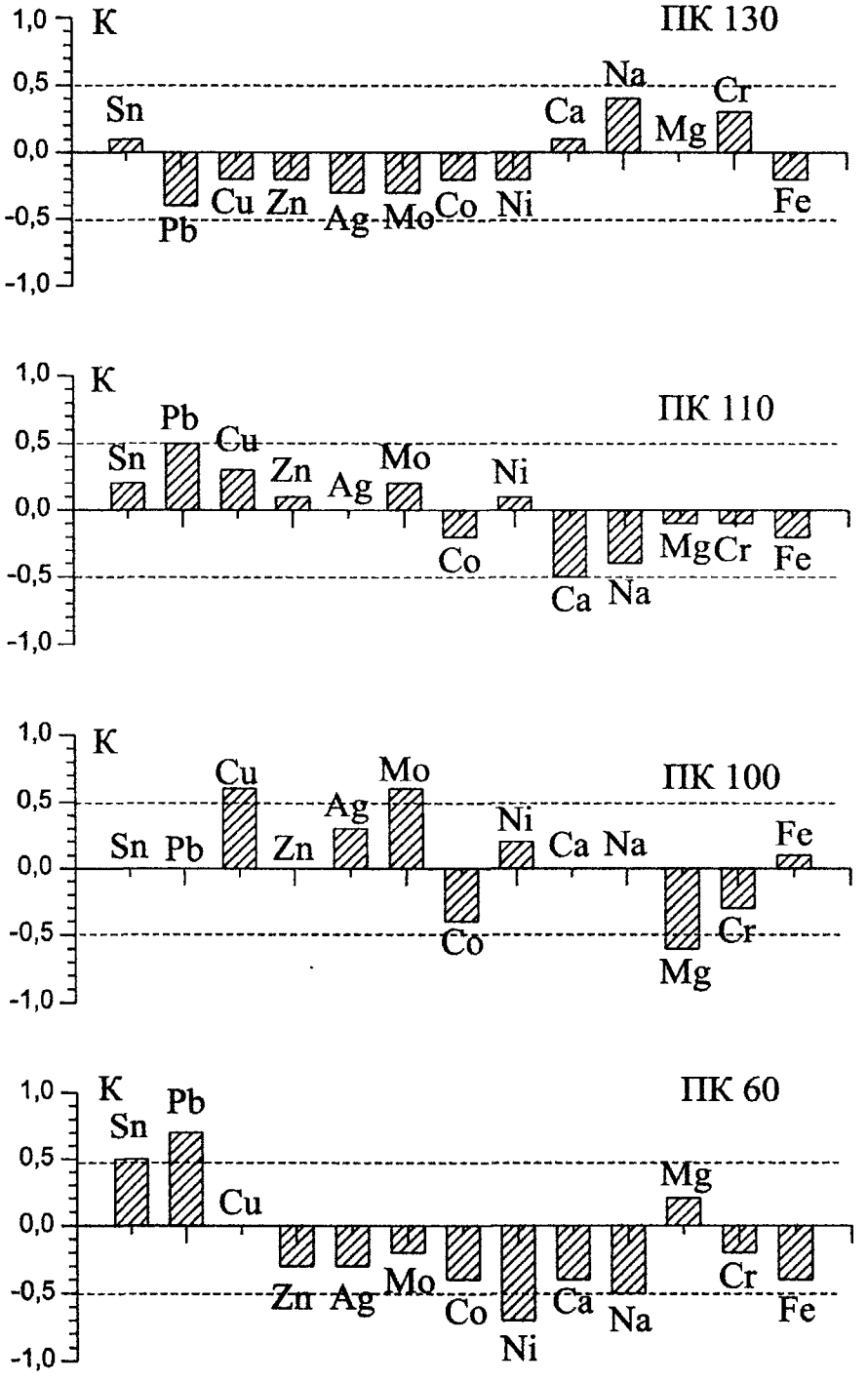


Рис. 4.7. Коэффициенты корреляции между суточными вариациями потенциала ЕП и содержанием различных элементов по ПР 2 зоны «Соболиная»

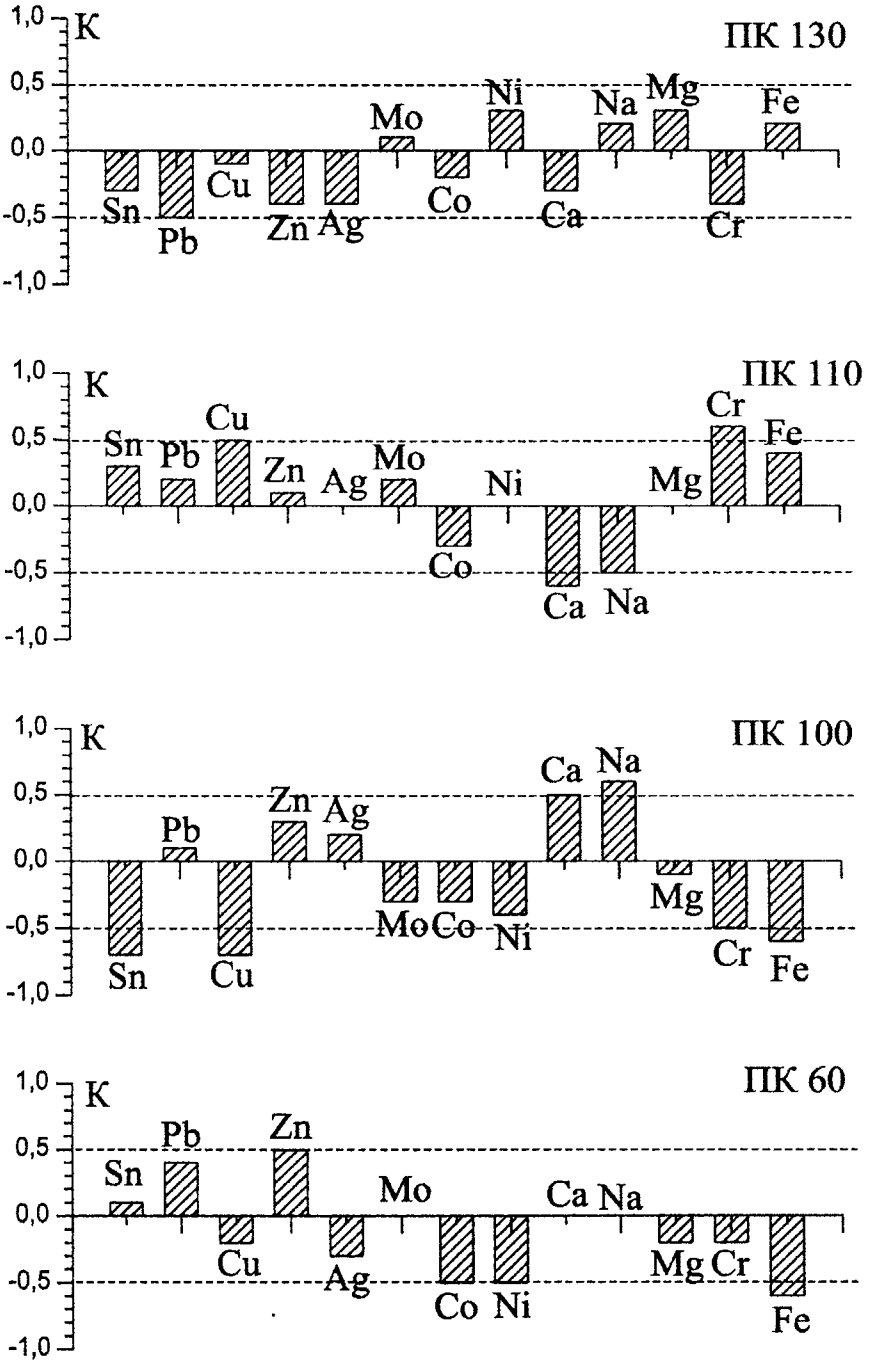


Рис. 4.8. Коэффициенты корреляции между суточными вариациями температуры воздуха и содержанием различных элементов по ПР 2 зоны «Соболиная»

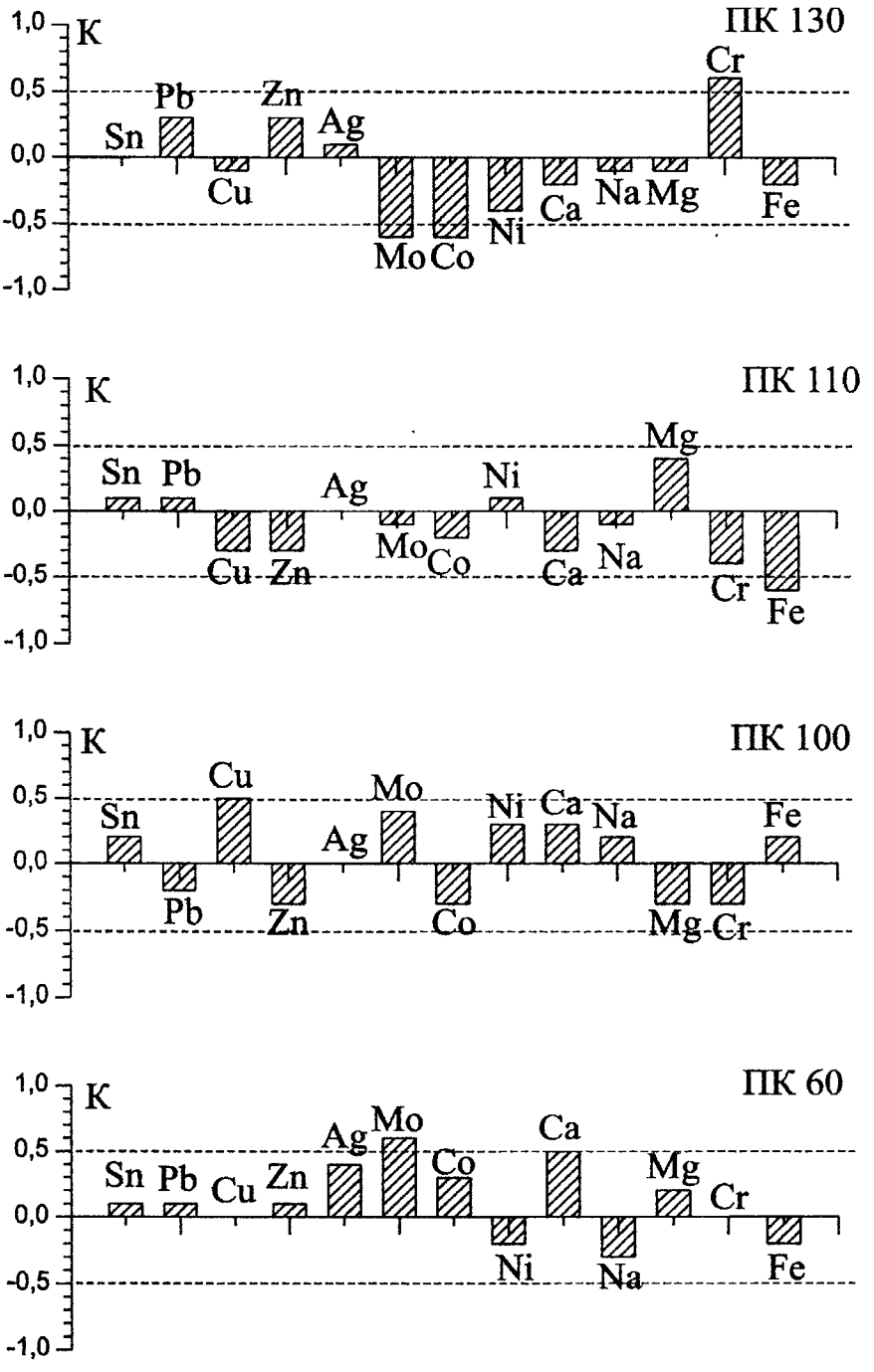


Рис. 4.9. Коэффициенты корреляции между суточными вариациями атмосферного давления и содержанием различных элементов по ПР 2 зоны «Соболиная»

ния коэффициентов (в основном лежащие внутри доверительного интервала ±0,54) так же свидетельствуют об отсутствии связи между этими явлениями.

Рассмотрим результаты литогеохимических исследований на ПР 3 зоны «Соболиная». На этом профиле пробы отбирались в течение двух суток, 25-27.08.98 г. на ПК 60 (рис. 4.15), приуроченном к выходу на дневную поверхность маломощной зоны, сложенной кварц-турмалиновыми метасоматитами, которая быстро выклинивается на глубине; на ПК 100 над основной рудной зоной; на ПК 150 над не выходящей на поверхность маломощной зоной аналогичного состава; на ПК 130 и 140 вне рудных зон.

На рис. 4.10 - 4.14 приведены временные вариации содержания химических элементов, входящих в состав рудных зон. Наиболее ярко выражено спонтанное увеличение содержаний олова и серебра в 18 часов в первые сутки и в 12 ч во вторые сутки на ПК 150 над не выходящей на дневную поверхность маломощной рудной зоной сопровождаемой вторичными ореолами. В это же время над зоной рассеяния повысилось хотя и в меньших пределах, содержание меди, висмута, свинца, а в 2 ч вторых суток молибдена. Над остальными рудными зонами, в том числе и главной, вариации содержания этих элементов не имеют выраженных отклонений от среднего значения. Только содержание молибдена во вторые сутки повысилось в 2 раза на ПК 60 (в 8 ч местного времени) и ПК 130 (в 24 и 8 ч). Над рудной зоной на ПК 100 содержание серебра уменьшилось до порога определения в 12 ч вторых суток.

На рис. 4.15 приведены диаграммы распределения по пикетам средних значений указанных элементов и их динамики; сопоставленные с геологическим разрезом. Весьма характерным является тот факт, что наибольшая динамика содержаний рассмотренных элементов наблюдается не над основной рудной зоной, выходящей к дневной поверхности, а над слепой зоной на ПК 150.

Очевидно, что основная рудная зона, вскрытая эрозионным срезом, оконтуривается первичными (гипогенными) ореолами рассеяния, а над зоной на ПК 150 в почвах сформированы вторичные (гипергенные) ореолы.

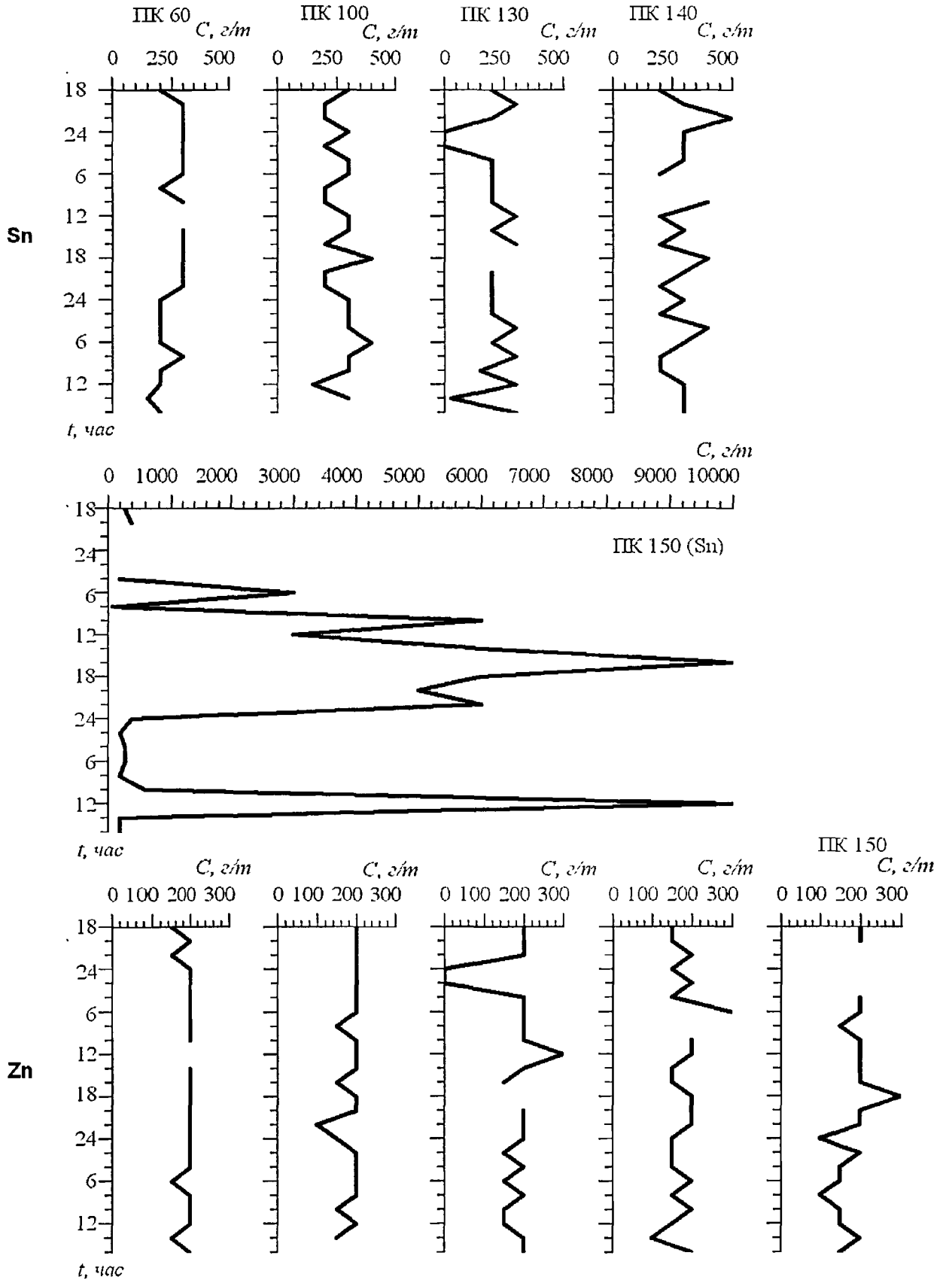


Рис.4.10. Графики зависимости содержания химических элементов (Sn, Zn) от времени, пробы отобраны на профиле 3 зоны «Соболиная»

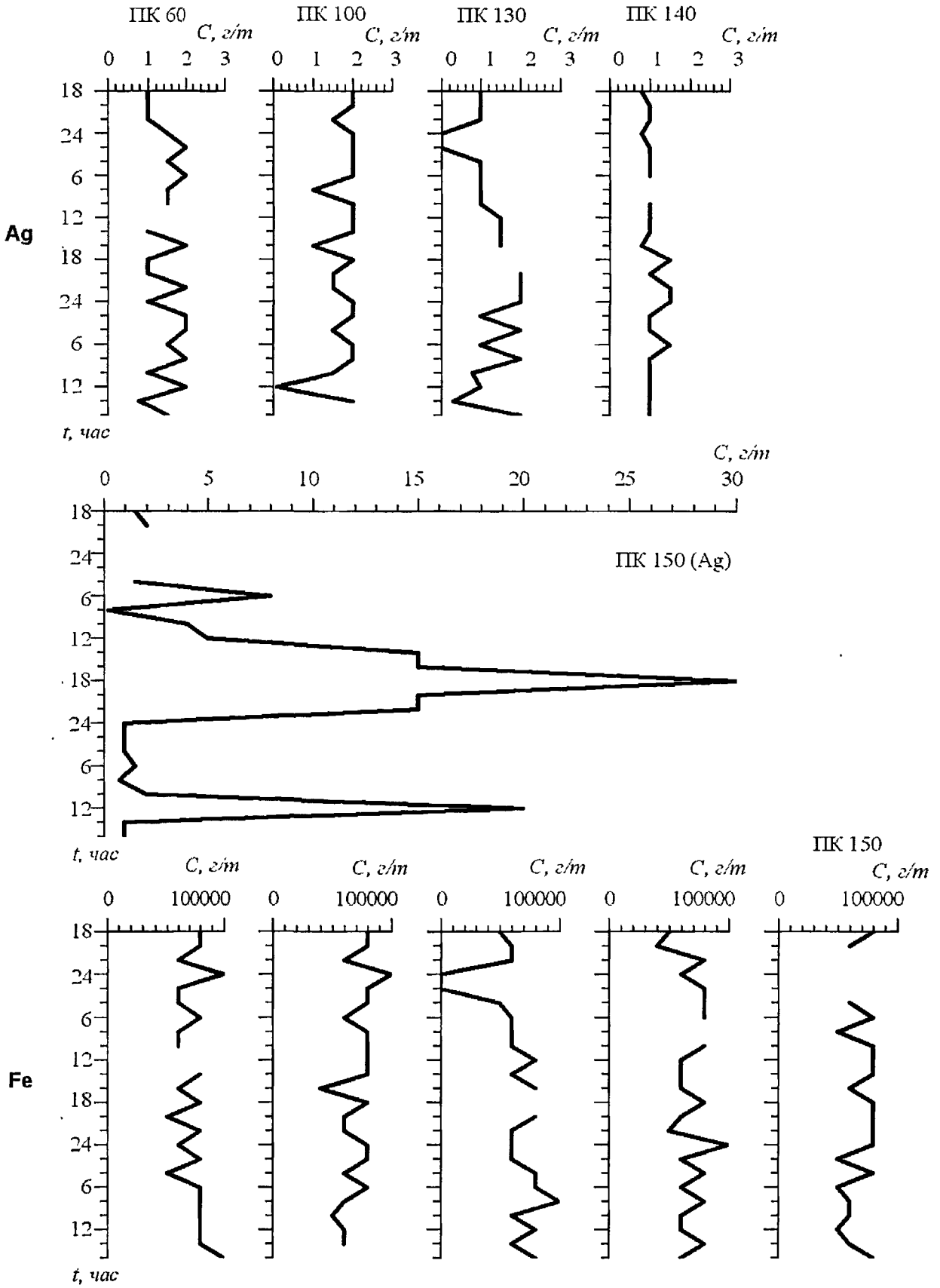


Рис.4.11. Графики зависимости содержания химических элементов (Ag, Fe) от времени, пробы отобраны на профиле 3 зоны «Соболиная»

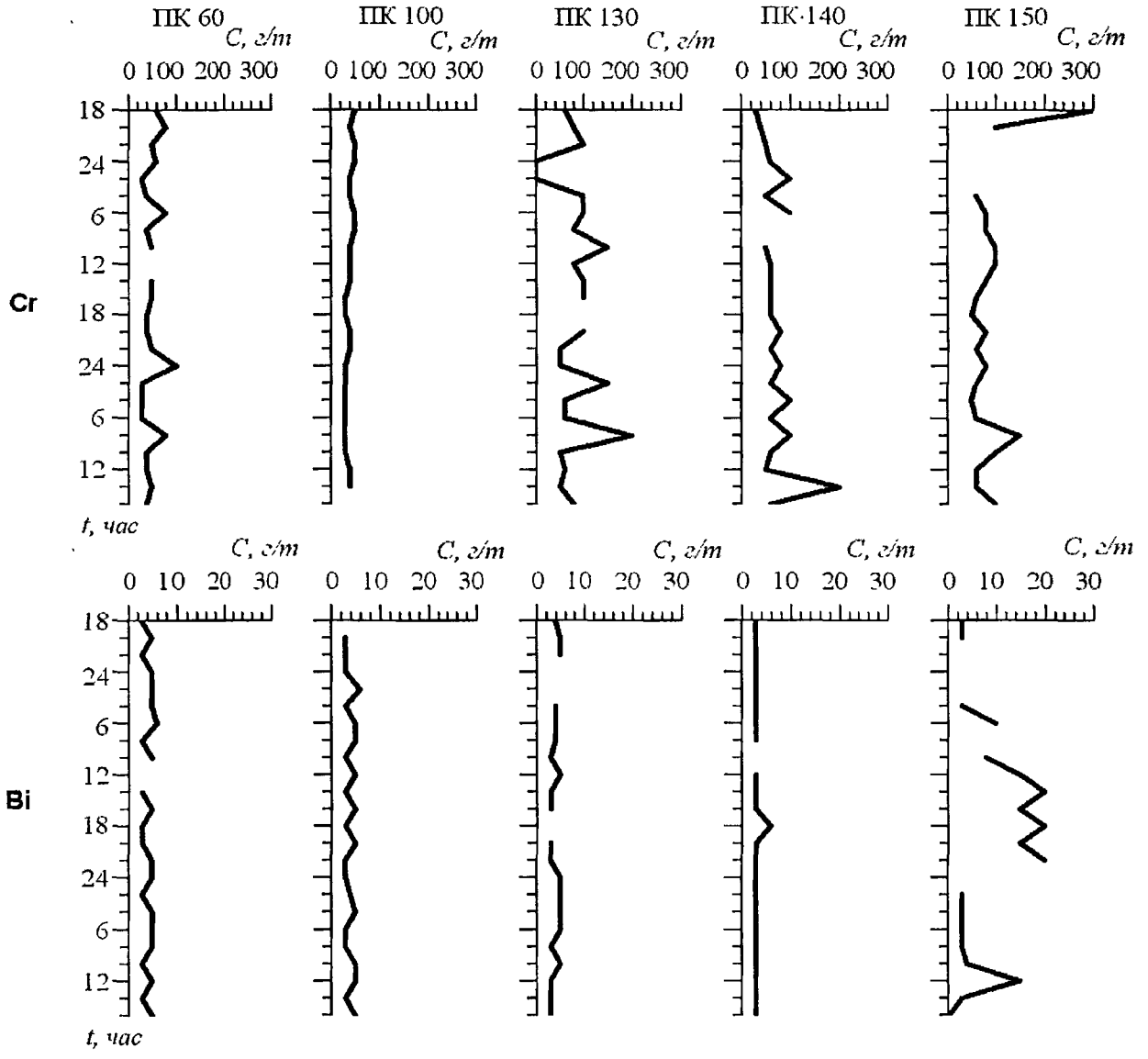


Рис.4.12. Графики зависимости содержания химических элементов (Cr, Bi) от времени, пробы отобраны на профиле 3 зоны «Соболиная»

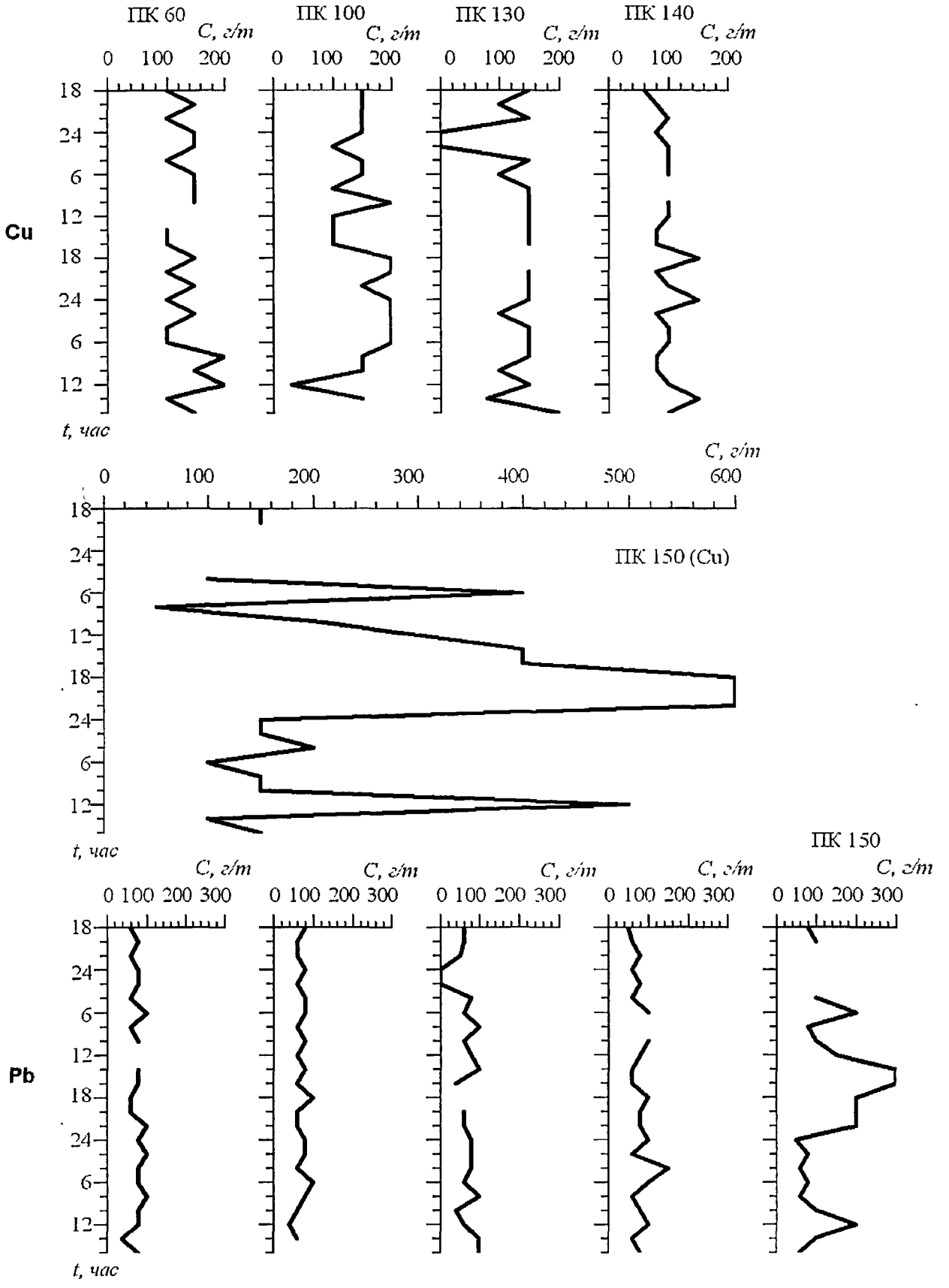


Рис.4.13. Графики зависимости содержания химических элементов (Cu, Pb) от времени, пробы отобраны на профиле 3 зоны «Соболиная»

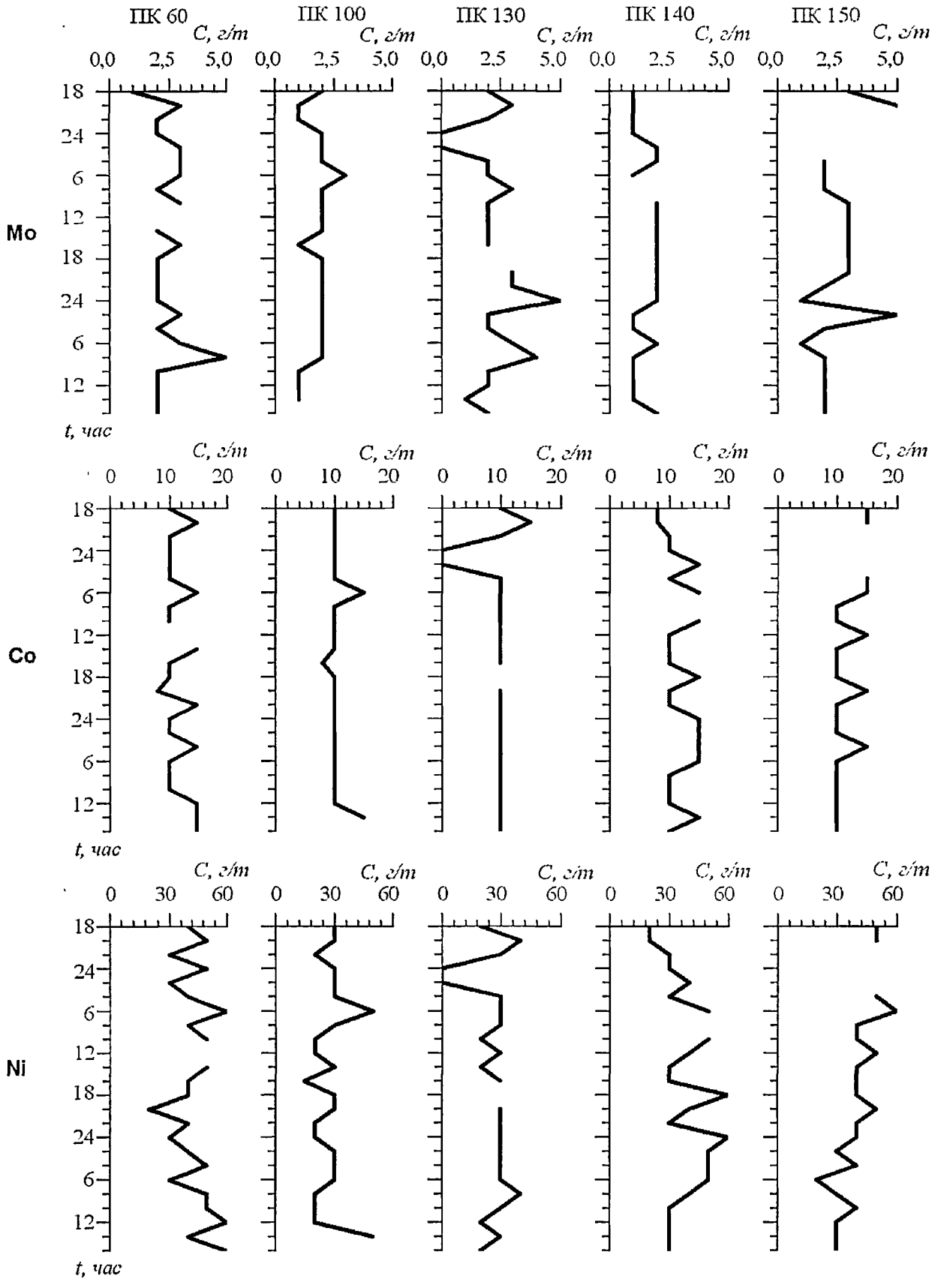
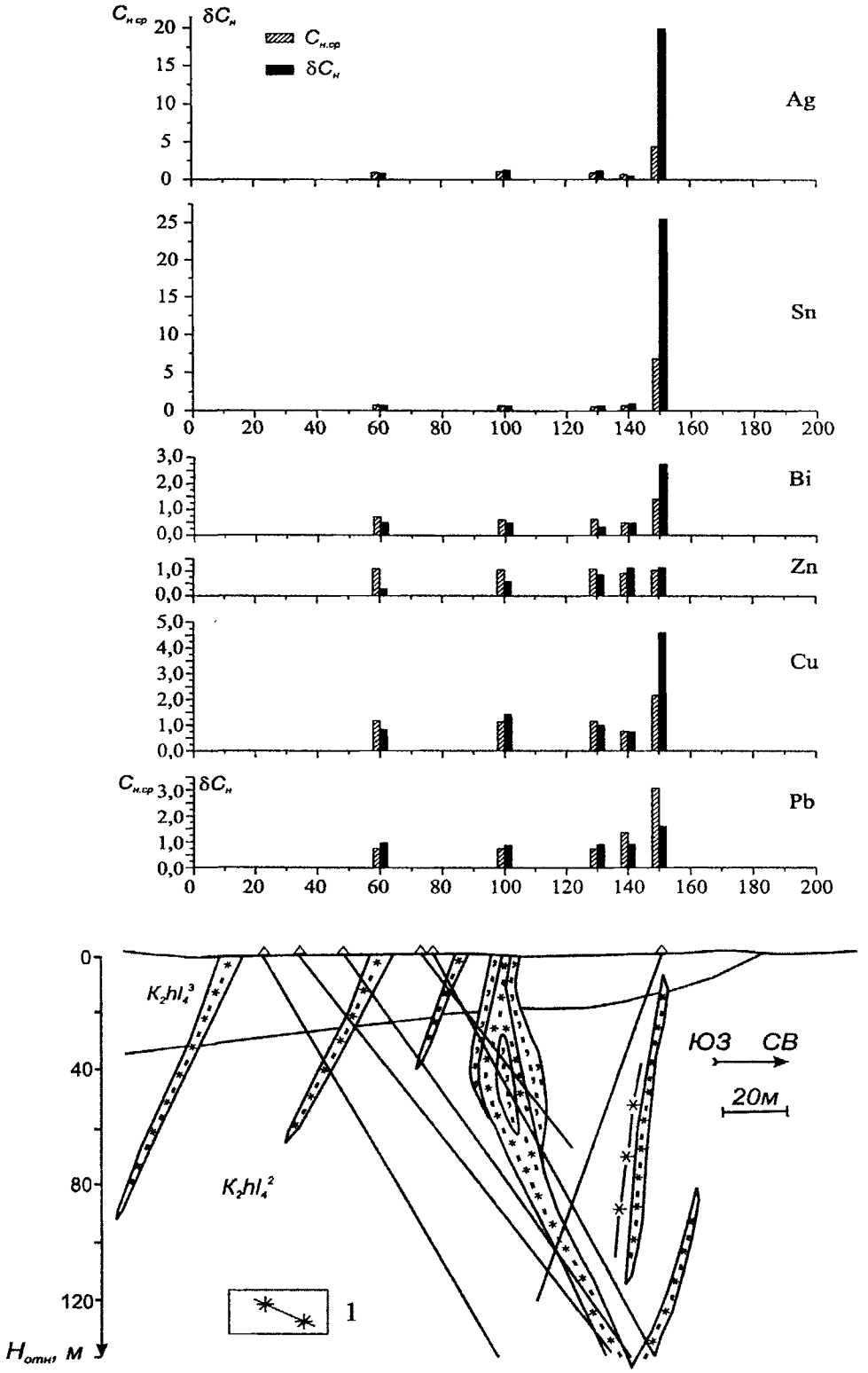


Рис.4.14. Графики зависимости содержания химических элементов (Mo, Co, Ni) от времени, пробы отобраны на профиле 3 зоны «Соболиная»



1 - окварцованные минерализованные зоны

Условные обозначения на рис. 4.4

Рис. 4.15. Диаграммы нормированных показателей максимальной суточной динамики и средних содержаний элементов (Sn, Ag, Bi, Zn, Cu, Pb) по профилю 3 зоны «Соболиная»
(Геологический разрез по данным Комсомольской партии)

Следовательно, динамика содержания элементов, входящих в состав рудных зон, рассеянных во вторичных ореолах, значительно выше, чем в первичных.

Об этом же свидетельствует гораздо меньшая динамика содержания этих же элементов на ПР 2, где пробы отбирались над рудными зонами, вскрытыми эрозионным срезом, т.е. из первичных ореолов рассеяния.

По величине максимальной динамики содержаний элементов во вторичном ореоле (ПК 150) в порядке ее уменьшения рассмотренные элементы выстраиваются в определенный ряд: Sn, Ag, Cu, Bi, Pb, Mo.

На рис. 4.16 приведены графики изменения в течение двух суток содержания элементов, входящих в состав горных пород. На всех пикетах вариации содержания Ca, Na и в большую часть времени Cr имеют спокойный квазилинейный характер. У хрома небольшое, но заметное повышение концентрации наблюдается во вторые сутки в 10-14 ч на ПК 130, 140 в стороне и на ПК 150 над слепым рудным телом. Содержание Mg на ПК 140 и 150 колеблется в течение обеих суток в довольно больших пределах, с отдельными импульсами в разное время. В целом динамика содержания этих элементов значительно меньше по сравнению с рассмотренными выше (рис. 4.17). Значения коэффициентов корреляции между вариациями содержания разных элементов и суточными вариациями потенциала ЕП, температурой воздуха и атмосферного давления находящиеся внутри доверительного интервала (от -0,54 до +0,54), что указывает на отсутствие связи между этими явлениями.

Рассмотрим результаты литогеохимических исследований на ПР 4 зоны «Соболиная». На этом профиле пробы отбирались в течение двух суток 25-27.08.98 г. На ПК 50 и 130 над меловыми осадочными отложениями, отличающимися «фоновыми» характеристиками динамики ЕП, но аномальными показателями динамики магнитного поля и ПК 90, характеризующимся четкой аномалией параметра ΔE_T. Пикет сдвинут на 10 м по падению от левого контакта основной рудной зоны, выходящей на дневную поверхность.

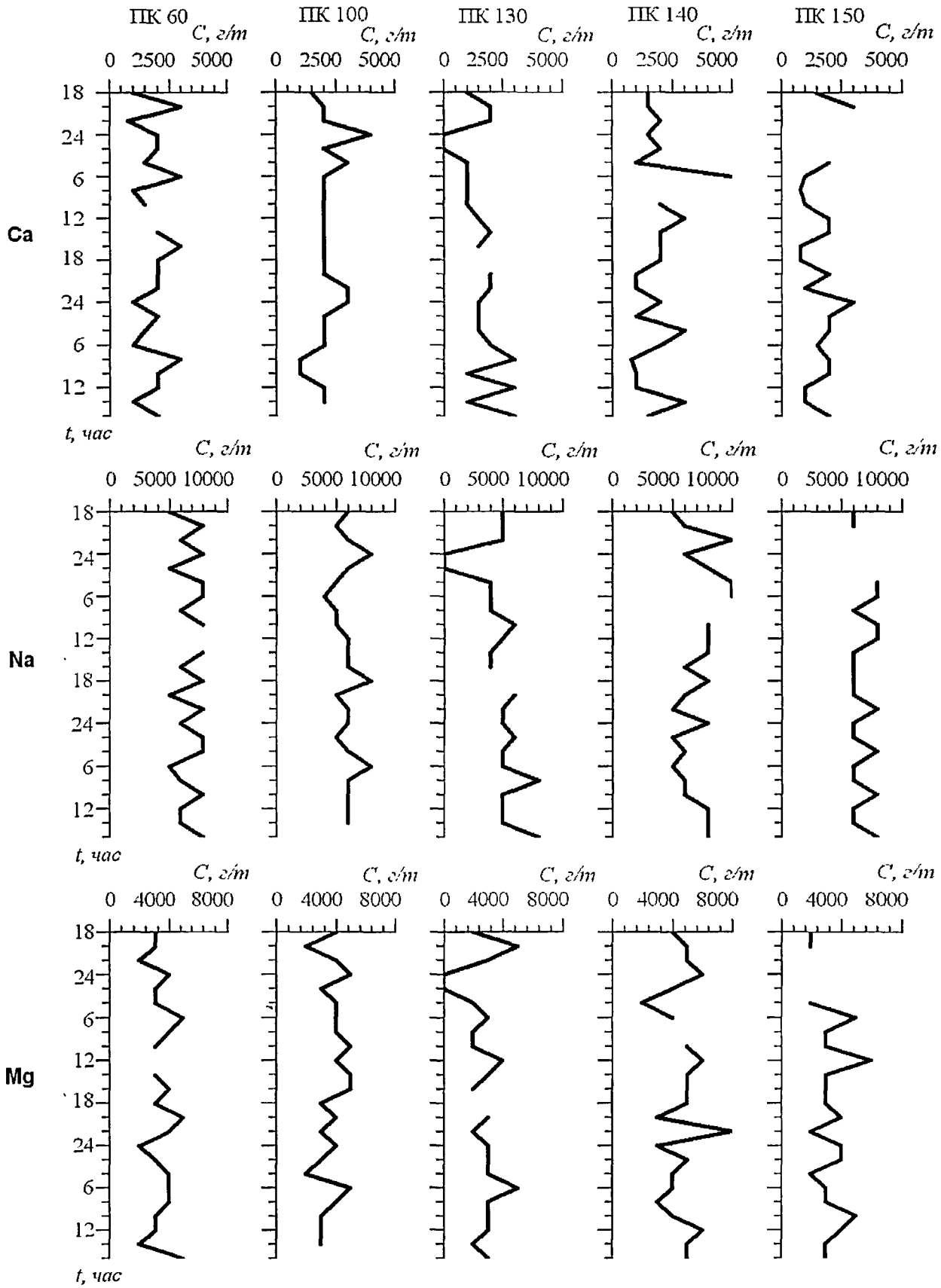
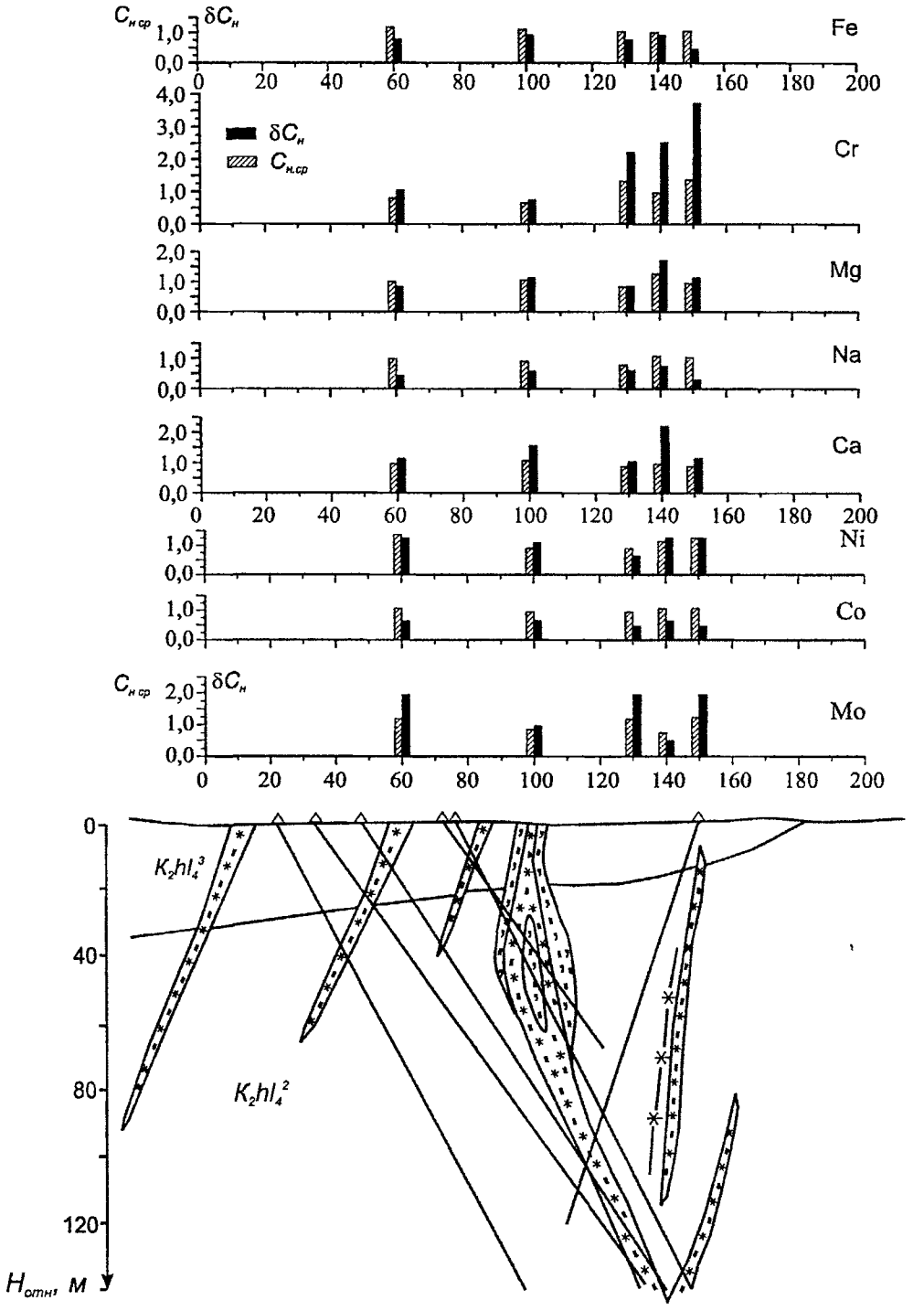


Рис.4.16. Графики зависимости содержания химических элементов (Na, Ca, Mg) от времени, пробы отобраны на профиле 3 зоны «Соболиная»



Условные обозначения на рис. 4.4

Рис. 4.17. Диаграммы нормированных показателей максимальной суточной динамики и средних содержаний элементов (Fe, Cr, Mg, Na, Ca, Ni, Co, Mo) по профилю 3 зоны «Соболиная» (Геологический разрез по данным Комсомольской партии)

На рис. 4.18 - 4.20 приведены вариации содержания элементов входящих в состав рудных зон, на пикетах профиля 4. В отличие от рассмотренных выше результатов исследований на ПР 3, где на графиках вариаций содержания пяти элементов (Su, Ag, Cu, Bi, Pb) на ПК 150 наблюдалось ярко выраженная пульсация в виде резкого увеличения концентрации элементов в определенные часы суток, на ПР 4 такой характер вариаций наблюдается только у двух элементов Sn и Ag. Наиболее ярко импульсное нарушение регулярности вариаций содержания Sn выражено на ПК 90, где вторые сутки в 2 и 14 часов местного времени концентрация элемента увеличилась в 3 - 4 раза. В первые сутки такого явления не наблюдается. На ПК 50 и 130 заметное, но меньшее, чем на ПК 90, увеличение концентрации Sn наблюдается в 14 ч, а на ПК 130 еще и в 22 и 6 ч первых суток. Аналогичная, но менее выраженная, картина наблюдается в характере вариаций содержания серебра.

Вариации содержания Pb, Zn; Co, Ni, Fe, Cu квазилинейны, хотя у меди на ПК 90 заметно некоторое увеличение концентрации в те же часы. Отличается от других вариация содержаний Mo, имеющая на ПК 130 вид ступени.

На рис. 4.21 приведены диаграммы распределения по пикетам вдоль профиля средних содержаний указанных элементов и показателя их максимальной суточной динамики, сопоставленные с геологическим разрезом. В соответствии с описанным выше характером вариаций, аномальная динамика наблюдается у Sn на Ag на ПК 90 и у Mo на ПК 130.

На рис. 4.22 приведены вариации содержания элементов, входящих в состав горных пород. Вариации содержаний Na, Ca имеют спокойный «фоновый» характер, только у Ca наблюдается импульсное повышение концентрации в 10 ч первых суток. У Mg вариации имеют характер флюктуаций без аномального повышения содержания.

На рис. 4.23 на диаграммах средних значений и динамики содержаний рассматриваемых элементов видна более высокая динамика Ca на ПК 90.

Коэффициенты корреляции между вариациями содержаний различных элементов и вариациями потенциала ЕП, температуры воздуха и атмосферного давления указывают на отсутствие связи между этими явлениями.

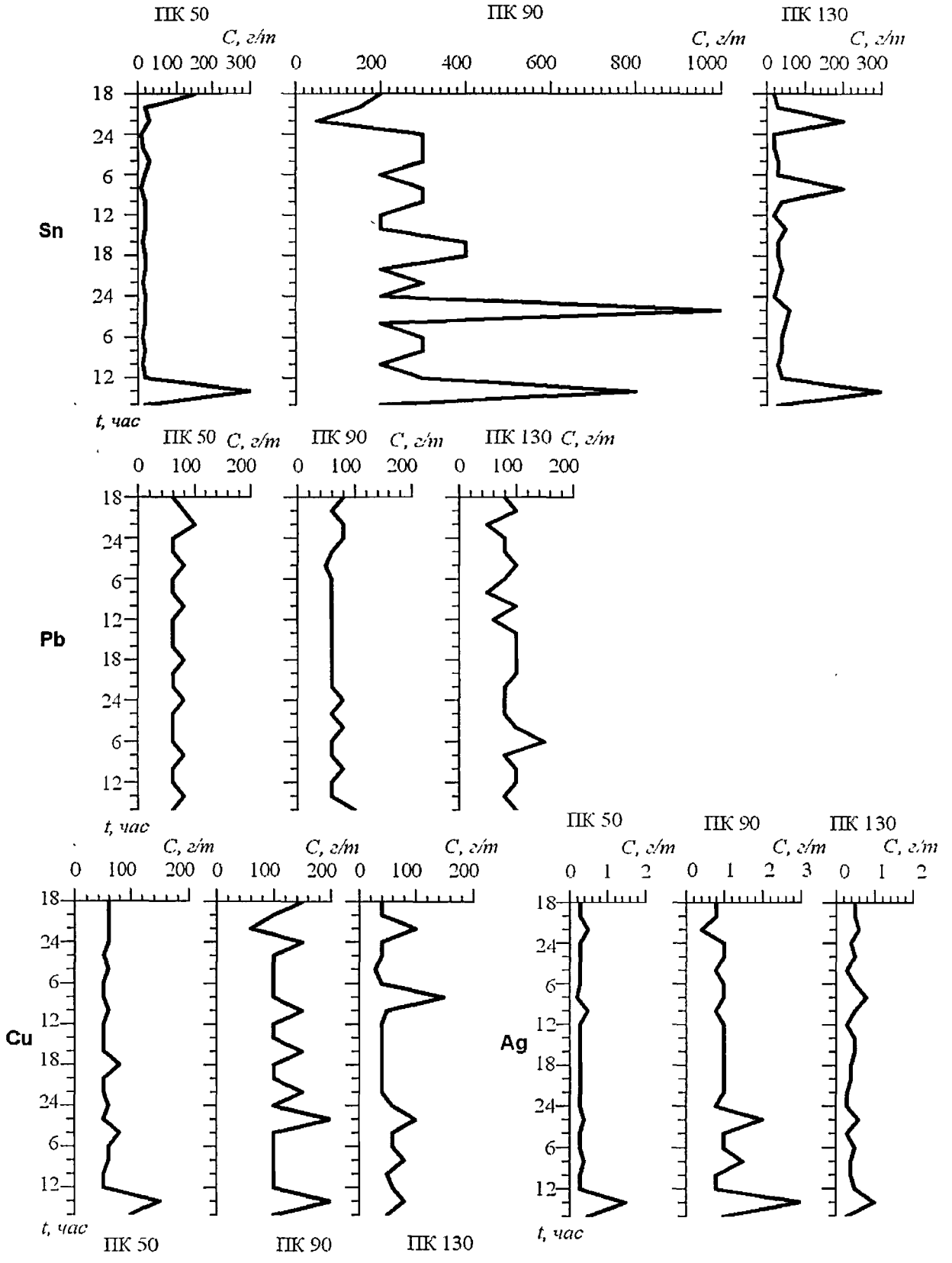


Рис.4.18. Графики зависимости содержания химических элементов (Sn, Pb, Cu, Ag) от времени, пробы отобраны на профиле 4 зоны «Соболиная»

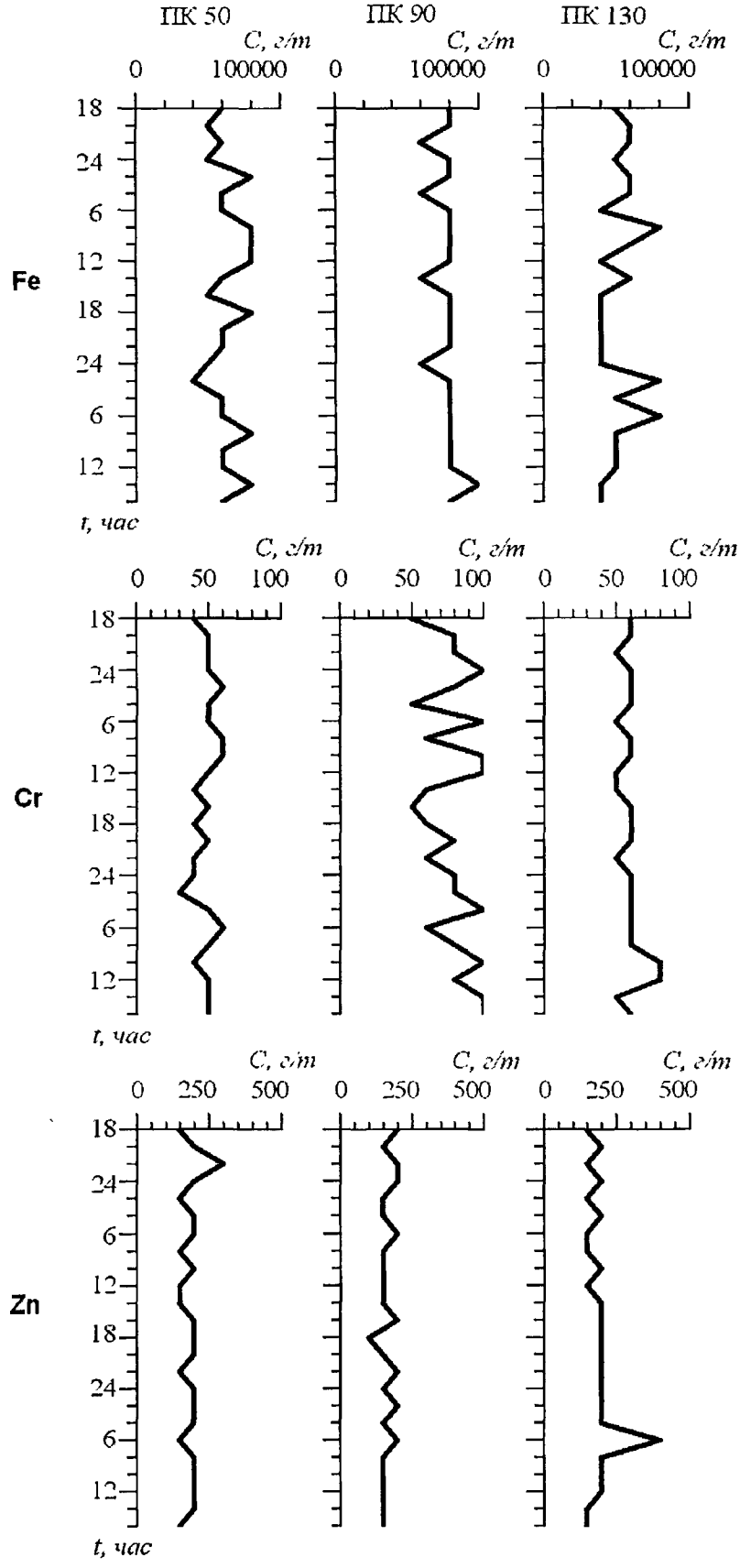


Рис.4.19. Графики зависимости содержания химических элементов (Fe, Cr, Zn) от времени, пробы отобраны на профиле 4 зоны «Соболиная»

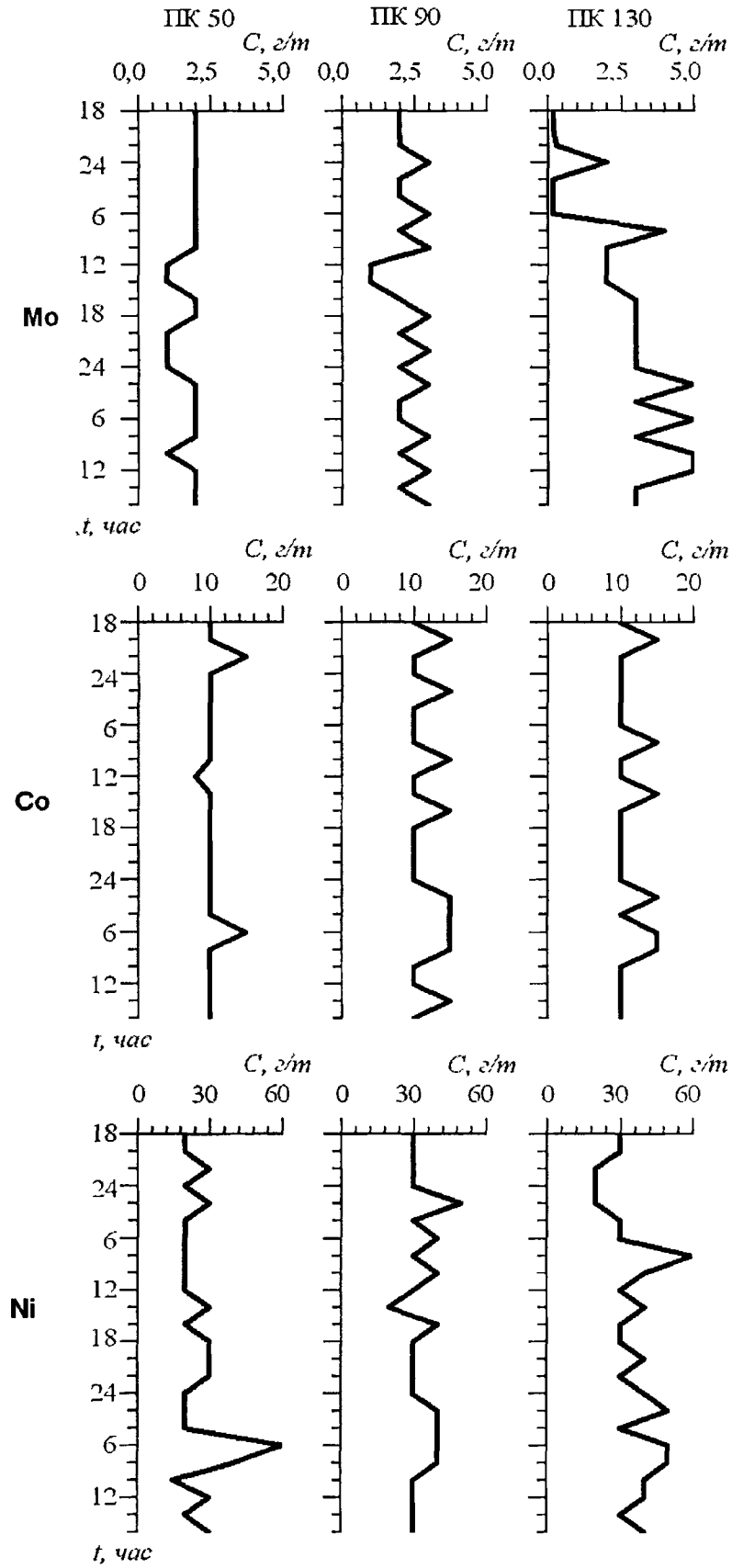
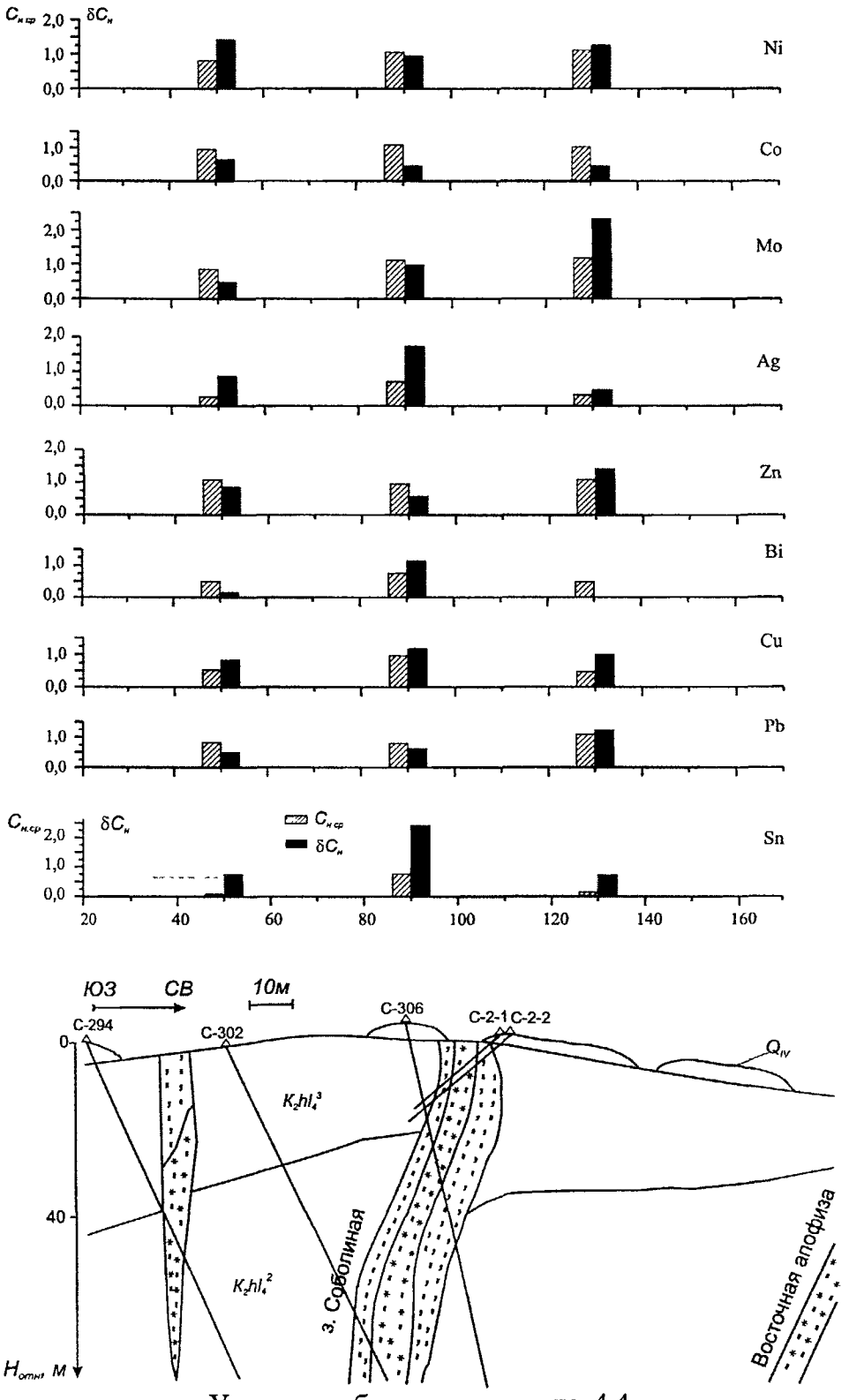


Рис.4.20. Графики зависимости содержания химических элементов (Mo, Co, Ni) от времени, пробы отобраны на профиле 4 зоны «Соболиная»



Условные обозначения на рис. 4.4

Рис. 4.21. Диаграммы нормированных показателей максимальной суточной динамики и средних содержаний элементов (Mo, Co, Ni, Ag, Zn, Bi, Cu, Pb, Sn) по профилю 4 зоны «Соболиная» (Геологический разрез по данным Комсомольской партии)

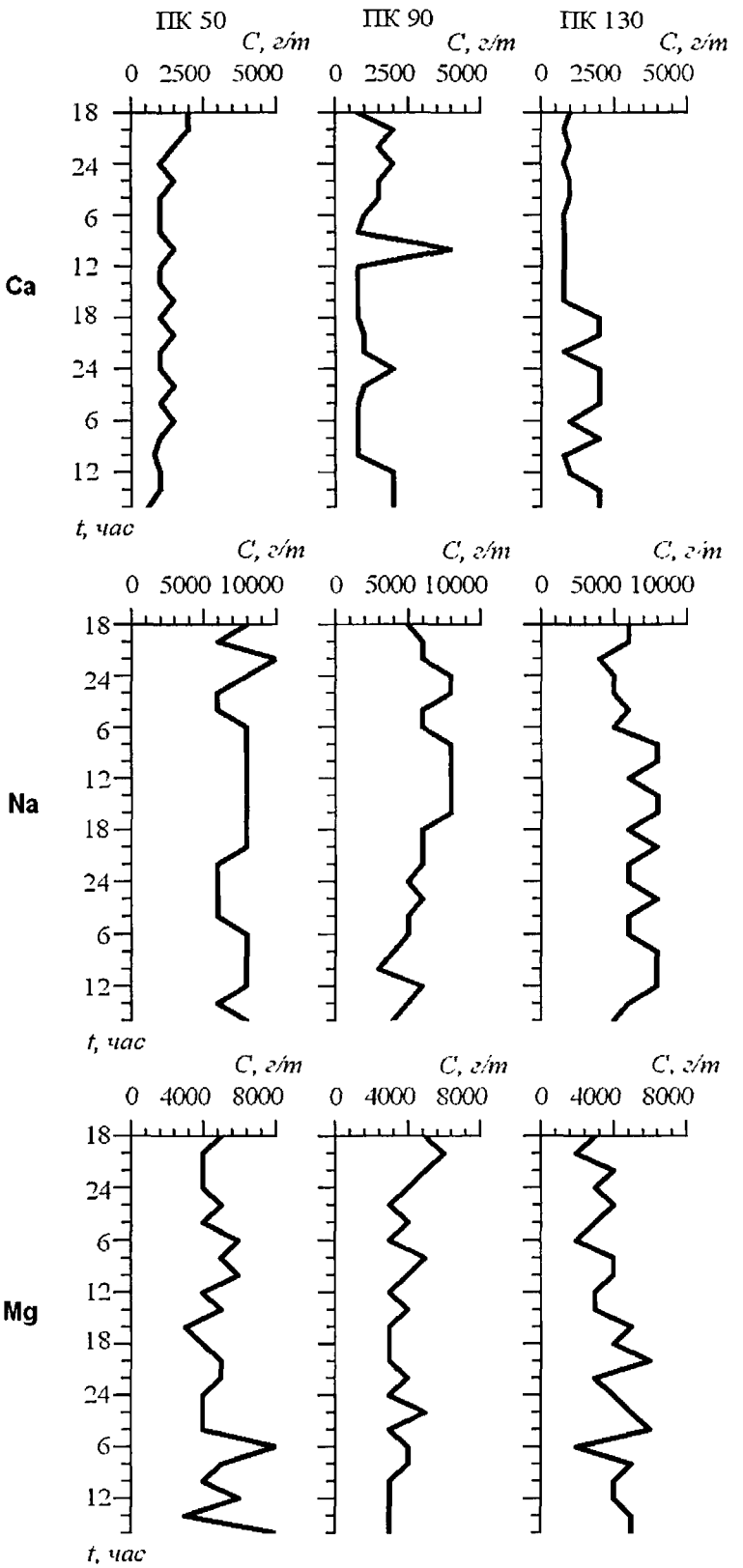
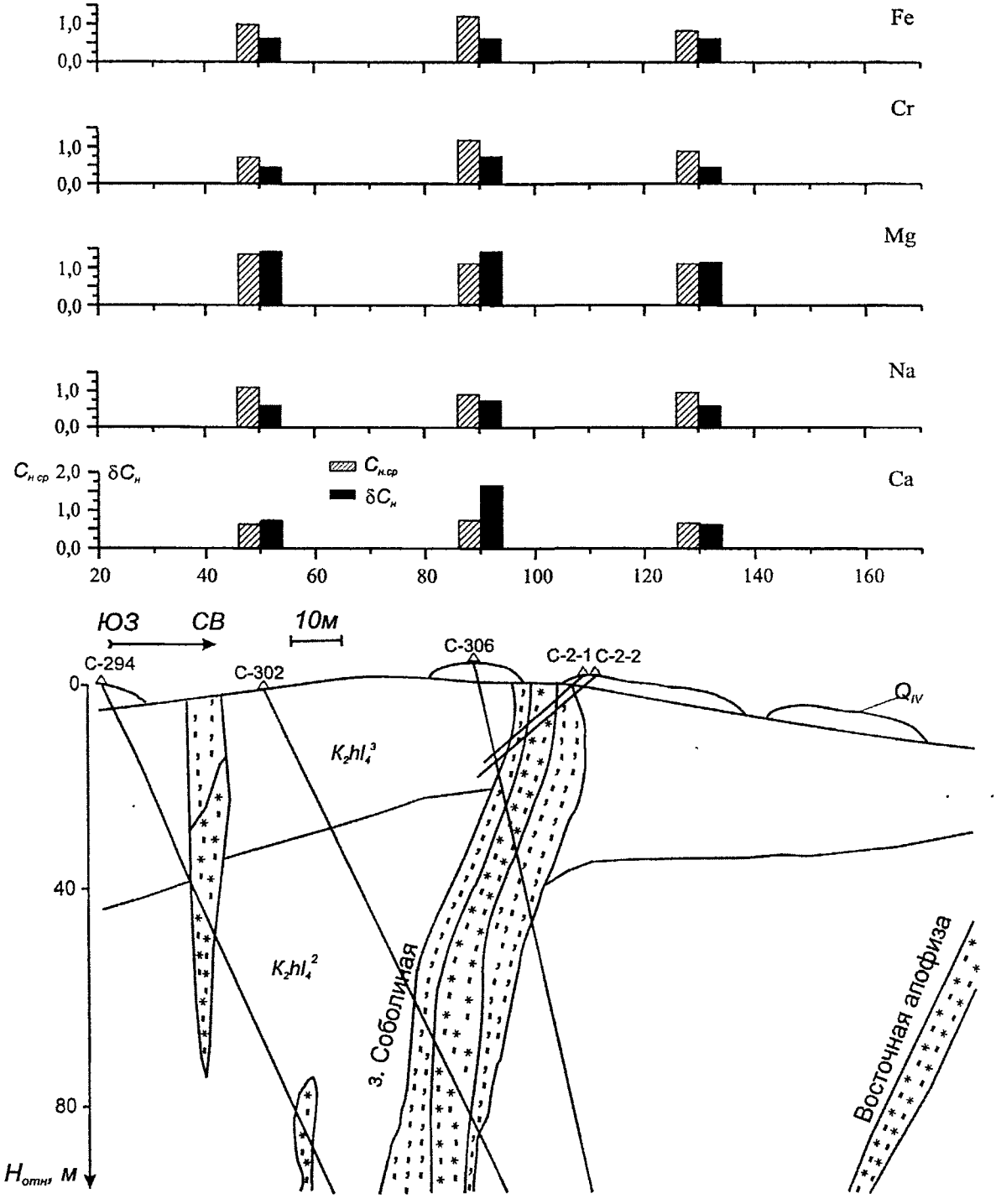


Рис.4.22. Графики зависимости содержания химических элементов (Na, Ca, Mg) от времени, пробы отобраны на профиле 4 зоны «Соболиная»



Условные обозначения на рис. 4.4

Рис. 4.23. Диаграммы нормированных показателей максимальной суточной динамики и средних содержаний элементов (Ca, Na, Mg, Cr, Fe) по профилю 2 зоны «Соболиная» (Геологический разрез по данным Комсомольской партии)

Во второй главе показано, что вариации ЕП и МП также не коррелируются с вариациями внешних физических воздействий в виде температуры воздуха и атмосферного давления. Следовательно, причиной динамики ЕП, МП и геохимических ореолов являются другие явления. Одной из них могут быть электрохимические процессы, описанные Ю.С.Рыссом [37]. По его представлениям по направлению от поверхности Земли к ее центру ионная проводимость верхней части земной коры сменяется электронной. С глубиной плотность заполнения пространства объектами электронной проводимости возрастает. Одновременно изменяется и их состав. У дневной поверхности природные проводники состоят из типичных для термодинамических условий поверхности Земли минералов с электронной проводимостью: сульфидов, графита и некоторых окислов железа и марганца (реже, других элементов). С увеличением глубины, температуры и давления металлическую связь атомов преобразуют кремнекислородные и алюмокремнекислородные соединения, включающие железо, серу и прочие элементы. Наличие природных электронных проводников на разных глубинах предопределяет возможность протекания электродных процессов и появления глубинных источников естественного поля.

Предполагается, что в верхних частях земной коры у дневной поверхности реагентом, способным к электродной электрохимической реакции, является кислород, который возбуждает и поддерживает реакцию его восстановления до OH^- и вслед за тем другие реакции. На глубине такими реагентами могут быть водород, углерод, окись углерода, углеводороды и некоторые другие. Эти компоненты (кроме углерода) входят в состав газовых струй, извергающихся из недр Земли по глубинным тектоническим разломам, с которыми одновременно связаны проявления вулканизма и другие явления. Эти реагенты обеспечивают протекание преимущественно анодных реакций на участках глубинных электронных проводников. Ю.С. Рысс считает, что плотность тока глубинных гальванических элементов составляет около 10^{-2} А/м^2. С.Ю. Баласанян [4] считает, что сильные электрические поля создаются только в энергоактивных каналах. Если они выполнены рудными образованиями, то под действием этих полей

химические элементы осаждаются на отрицательно заряженной поверхности Земли «как на мощном природном катоде».

Как следует из выше изложенных материалов, такое утверждение не полностью соответствует действительности. Установленные пульсации ореолов не соответствуют суточному циклу, а наблюдаются часто лишь в отдельные часы в течение суток. Они носят вероятностный характер, проявляясь в одной и той же зоне в одни сутки и совсем не проявляясь в другие (соседние). Кроме того, пульсации содержаний наблюдаются только у некоторых элементов, количество которых меняется в пределах одной зоны от профиля к профилю.

Таблица 4 **Ионные радиусы (нм) некоторых элементов (по Н.В. Белову и Г.Б. Бокию)**

Элементы	Ионные радиусы	Элементы	Ионные радиусы
Sn^{2+}	0,102	Co^{2+}	0,078
Sn^{4+}	0,067	Co^{3+}	0,064
Pb^{2+}	0,126	Cr^{2+}	0,083
Pb^{4+}	0,076	Cr^{3+}	0,064
		Cr^{6+}	0,035
Zn^{2+}	0,083	Mn^{2+}	0,091
		Mn^{3+}	0,070
Bi^{3+}	0,120	Na^{1+}	0,098
Bi^{6+}	0,074		
Cu^{1+}	0,098	Ca^{2+}	0,104
Cu^{2+}	0,080		
Ag^{1+}	0,113	Mg^{2+}	0,074
Fe^{2+}	0,080	Mo^{4+}	0,068
Fe^{3+}	0,067		

Объяснить установленные закономерности поведения элементов в ореолах разной подвижностью их ионов, обусловленной их ионными радиусами (табл. 4), как это делает С.Ю. Баласанян [10], так же не удается. Известно, что подвижность ионов Cu и Zn почти в два раза выше, чем подвижность ионов Ag. Однако амплитуда пульсаций Ag везде значительно выше, чем у этих элементов. А.И. Перельман [33] вообще считает, что для халькофильных металлов ионная концепция, понятие о радиусах ионов для анализа миграции этой группы менее применимы, чем для типичных метофилов.

Причина таких закономерностей в пульсации ореолов требует дальнейшего изучения. Одной из них может быть изменение напряженности электрического поля Земли обусловленное процессами, протекающими в атмосфере (формирование и перемещение облачности, грозовых туч и др.). Известно, что фронты последних несут мощные электрические заряды, на два или более порядка меняющие напряженность стационарного электрического поля Земли, а плотность тока разряда молний может достигать $3 \cdot 10^4$ А/м^2 [38].

4.2. Зона «Майская»

Исследования на зоне «Майская» проводились на двух профилях, на которых были проведены работы методом ЕП и МП.

На профиле 1 отбор проб проводился 01-02.08.98 г на ПК 40 и 60, соответствующих контактам штока гранодиоритов с меловыми отложениями, на ПК 110 над правым контактом выходящей к поверхности и вскрытой траншеями основной рудной зоны и на ПК 130 в стороне от нее. Соответственно, на ПК 40, 60 и 130 пробы характеризовали состав вторичных ореолов рассеяния, представленных в рыхлом почвенном слое, на ПК 110 – первичных ореолов рассеяния, т.к. пробы отбирались по дну траншеи, где почвенный слой был снят.

На рис. 4.24 - 4.27 приведены графики изменения во времени содержания химических элементов - Sn, Ag, Cu, Pb, Cr, Ni, Fe, Mn, Mg, Zr, Ca, Na – на указанных пикетах. Их анализ показывает, что, несмотря на различие временных вариаций у всех элементов (вариации практически индивидуальны) можно отметить определенные общие закономерности, свойственные некоторым элементам. Первое – наиболее интенсивные пульсации, в разное время суток наблюдаются у основных рудных элементов, входящих в состав рудных зон – Sn, Cu, Cr, в меньшей степени у сопутствующих – Ag, Pb и Ni. Второе – эти пульсации наблюдаются над рудной зоной, а на ПК 40, 60 над контактами штока гранодиоритов, а у Sn еще и на ПК130, т.е. во вторичных ореолах рассеяния. На этих же пикетах наблюдаются пульсации содержания некоторых элементов, входящих в состав горных пород – в частности Ca, Mg, Zr , в меньшей степени – Na. Характерно, что над рудной зоной на ПК110 четко выражена пульсация содержания только двух элементов – Mn и Ca, причем время их пульсации совпадает (24-00 ч) во вторые сутки наблюдений.

Как и в рассмотренных выше результатах работ по зоне «Соболиная», проявление пульсаций носит случайный характер. В соседние сутки они появляются в разное время, либо наблюдаются в одни и отсутствуют в другие.

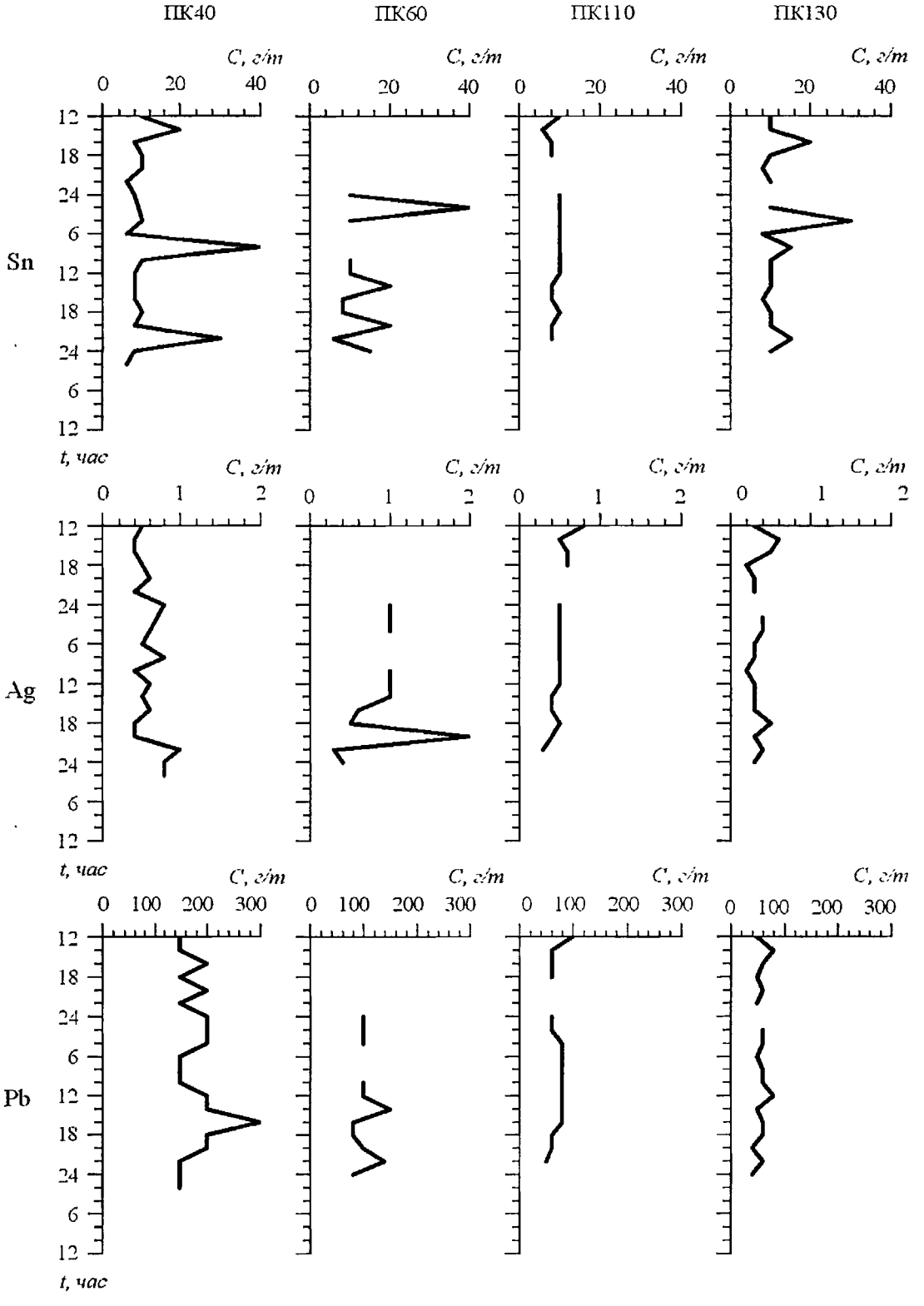


Рис. 4.24. Графики зависимости содержания химических элементов (Sn, Ag, Pb) от времени, пробы отобраны на профиле 1 зоны «Майская»

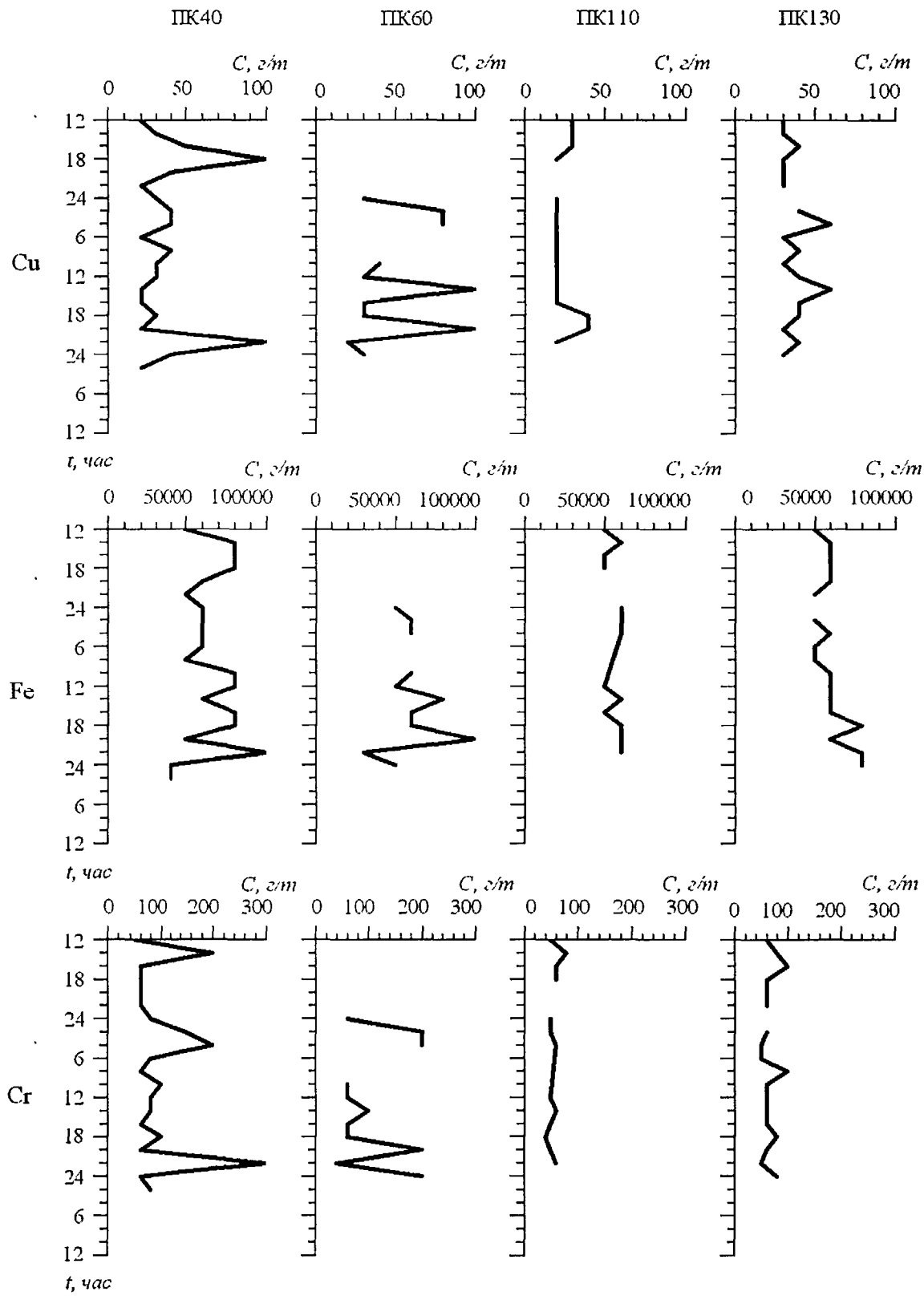


Рис. 4.25. Графики зависимости содержания химических элементов (Cu, Fe, Cr) от времени, пробы отобраны на профиле 1 зоны «Майская»

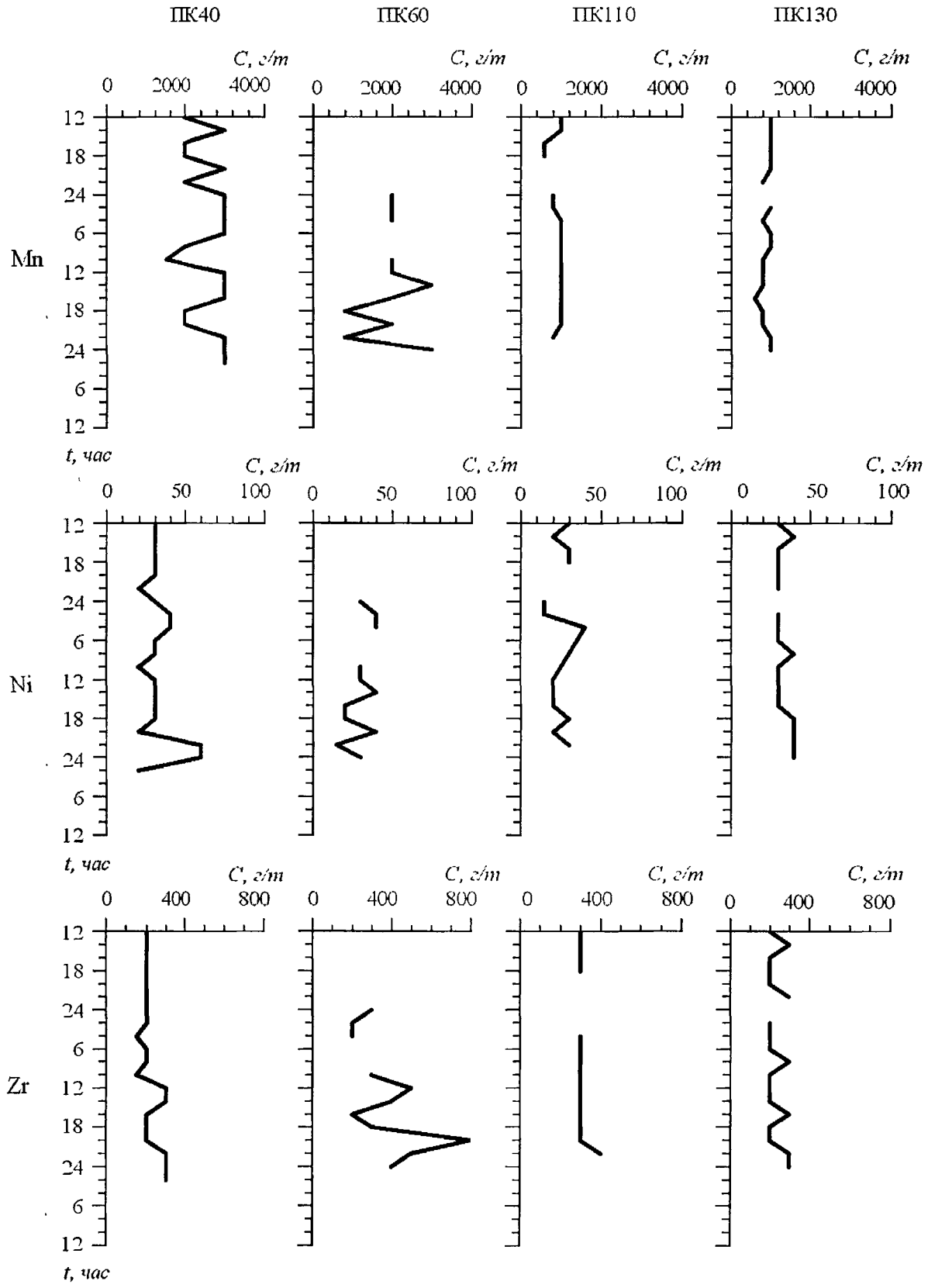


Рис. 4.26. Графики зависимости содержания химических элементов (Mn, Ni, Zr) от времени, пробы отобраны на профиле 1 зоны «Майская»

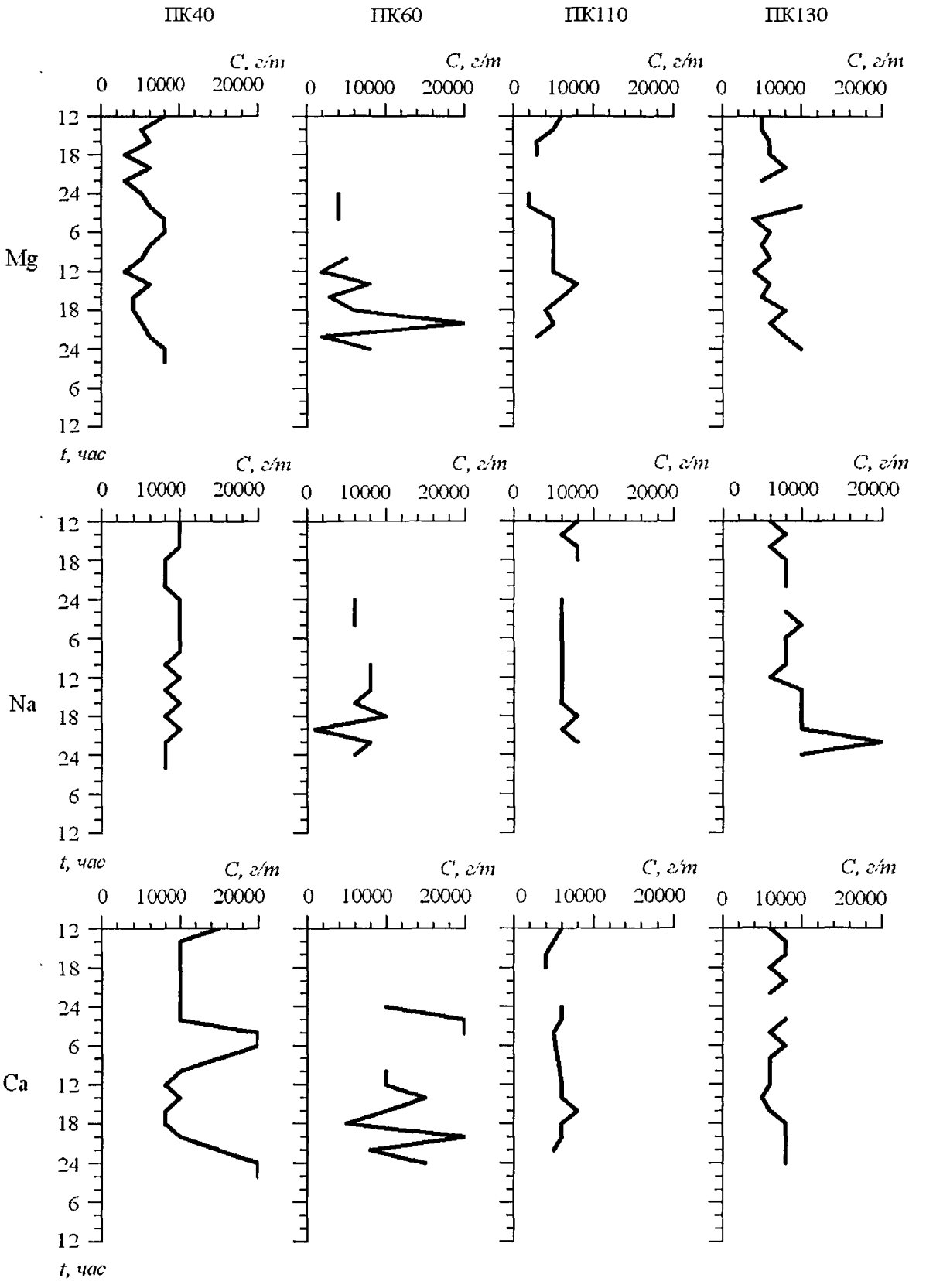


Рис. 4.27. Графики зависимости содержания химических элементов (Ca,.Na, Mg) от времени, пробы отобраны на профиле 1 зоны «Майская»

На рис. 4.28 – 4.29 приведены диаграммы средних значений и динамики содержаний рассматриваемых элементов, сопоставленные с геологическим разрезом по ПР 1.

В соответствии с рассмотренными выше суточными вариациями содержаний элементов наиболее высокие значения показателя динамики наблюдаются над контактами штока диабазовых порфиритов с осадочными отложениями. Над рудной зоной динамика содержаний всех элементов практически отсутствует. Характерной является различная величина показателя динамики у разных элементов над левым и правым контактами штока. Только у Sn и Cu амплитуда динамики над ними одинакова. У Pb, Cr – она больше над левым контактом, у Ag, Mg, Zr – над правым.

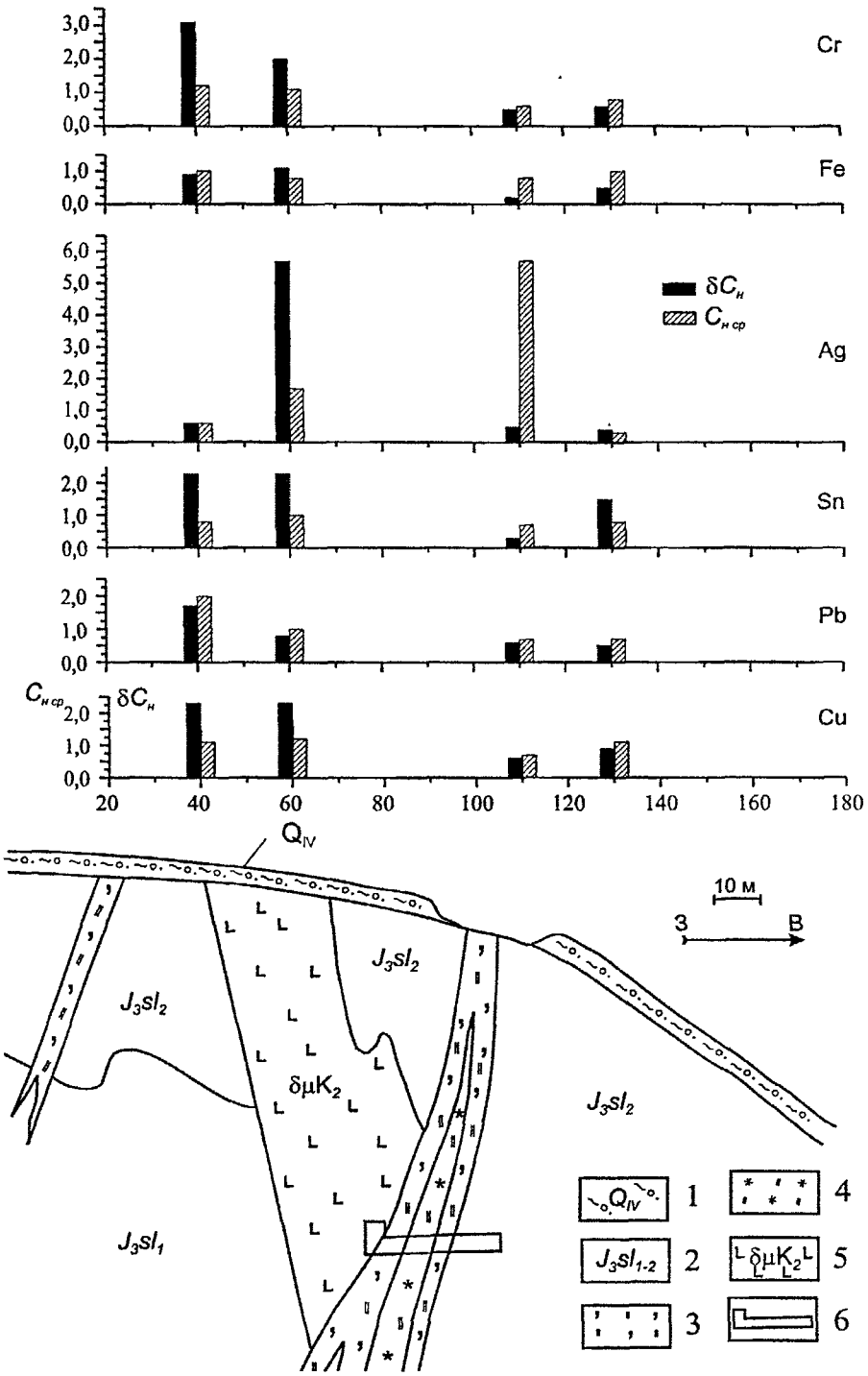
Значения коэффициентов корреляции между вариациями содержаний различных элементов и вариациями потенциала ЕП, температуры воздуха и атмосферного давления близки к нулю. Это указывает на отсутствие влияния этих физических явлений на поведение литогеохимических ореолов рассеяния.

На профиле 2 отбор проб проводился 01–03.08.98 г. на пикетах 40, 60 из рыхлых отложений над меловыми породами в стороне от рудной зоны и на пикетах 110 и 130, приуроченных к левому и правому контактам рудной зоны, выходящей к дневной поверхности и вскрытой траншеей. Соответственно, в первом случае пробы характеризовали состав вторичных, во втором – первичных ореолов рассеяния.

На рис. 4.30 – 4.33 приведены графики изменения во времени содержания химических элементов - Sn, Ag, Cu, Pb, Cr, Ni, Fe, Mn, Mg, Zr, Ca на указанных пикетах.

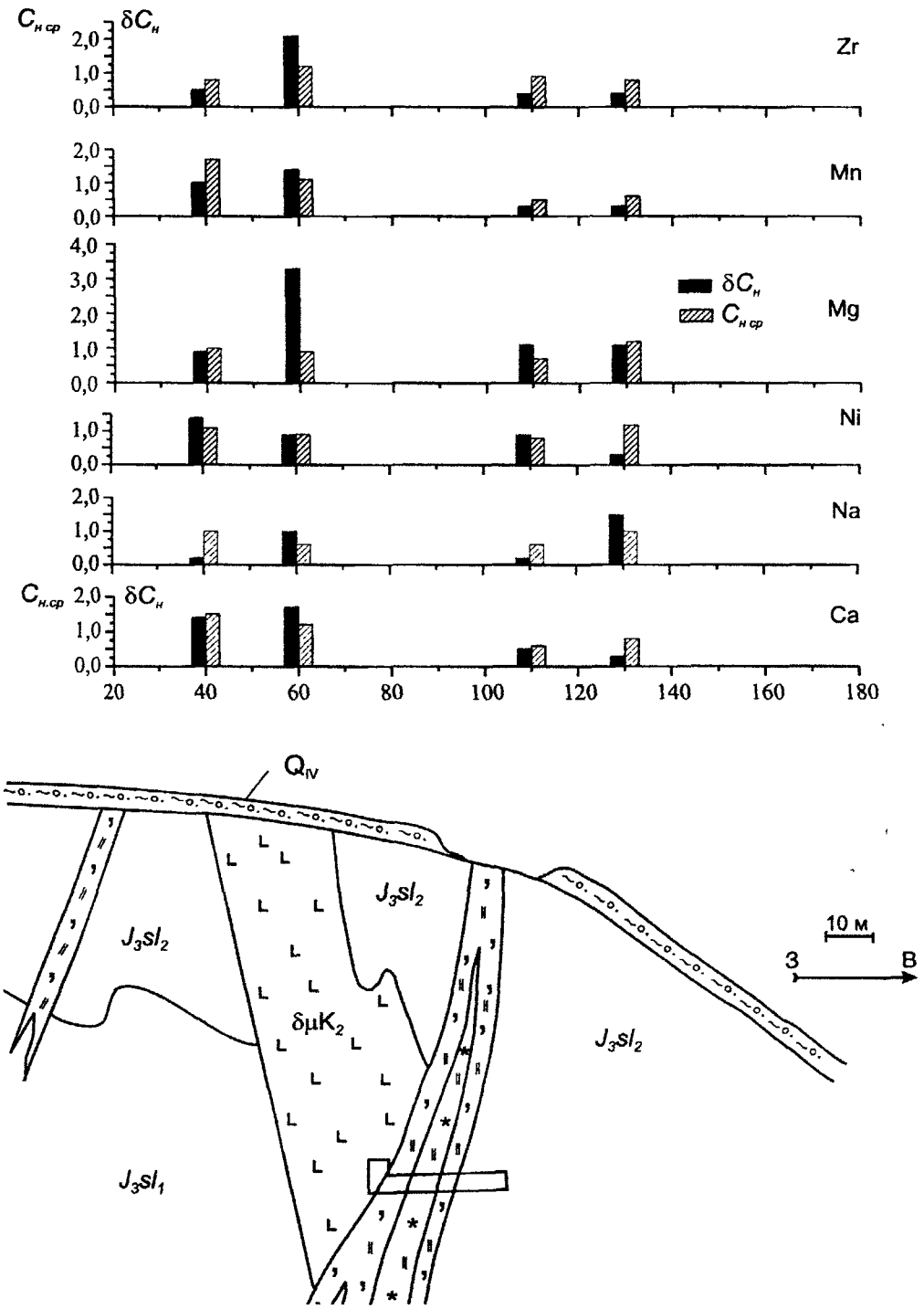
Анализ графиков показывает, что по интенсивности пульсаций содержаний и их пространственному положению элементы можно разделить на несколько групп.

К первой группе относятся следующие элементы - Sn, Ag, Cu, Pb, Mn, Ca, у которых четко выраженные пульсации содержания наблюдаются на ПК 110 над левым контактом рудной зоны с вмещающими породами. Пульсации имеют разный характер. У одних элементов они наблюдаются в виде локальных (им-



1 – верхнечетвертичные отложения (аллювиальные галечники, глина, суглинки); 2 – позднеюрские породы (алевролиты, песчаники, кремнисто-глинистые породы и осадочные брекчии); 3 – кварц-серицитовые образования; 4 – кварц-турмалиновые образования; 5 –дайки позднемеловых вулкано-плутонических диабазовых порфиритов; 6 – штольня.

Рис. 4.28. Диаграммы нормированных показателей максимальной суточной динамики и средних содержаний элементов (Cu, Pb, Sn, Ag, Fe, Cr) по профилю 1 зоны «Майская» (Геологический разрез по данным Комсомольской партии)



Условные обозначения на рис. 4.28

Рис. 4.29. Диаграммы нормированных показателей максимальной суточной динамики и средних содержаний элементов (Ca, Na, Ni, Mg, Mn, Zr) по профилю 1 зоны «Майская» (Геологический разрез по данным Комсомольской партии)

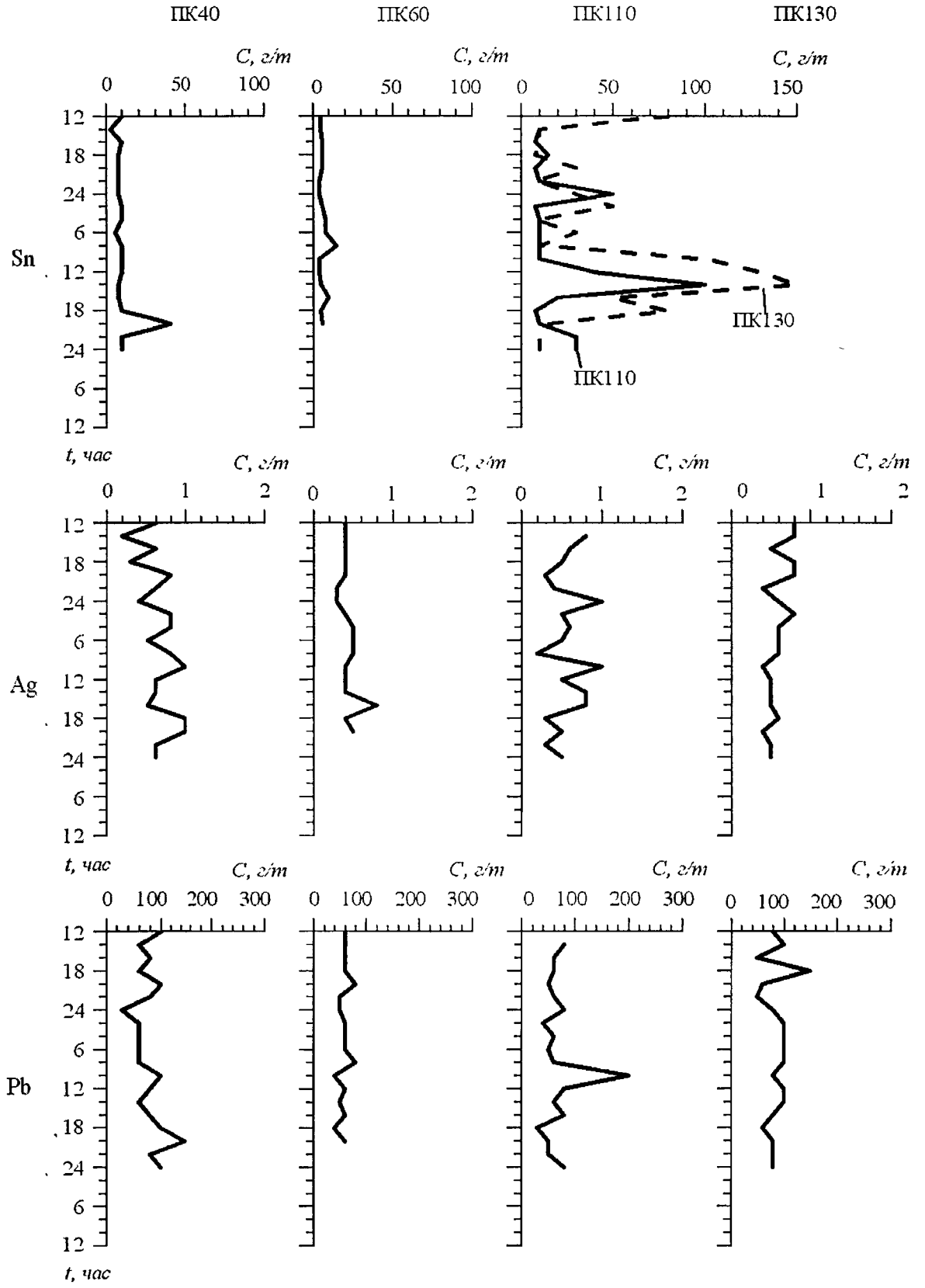


Рис. 4.30. Графики зависимости содержания химических элементов (Sn, Ag, Pb) от времени, пробы отобраны на профиле 2 зоны «Майская»

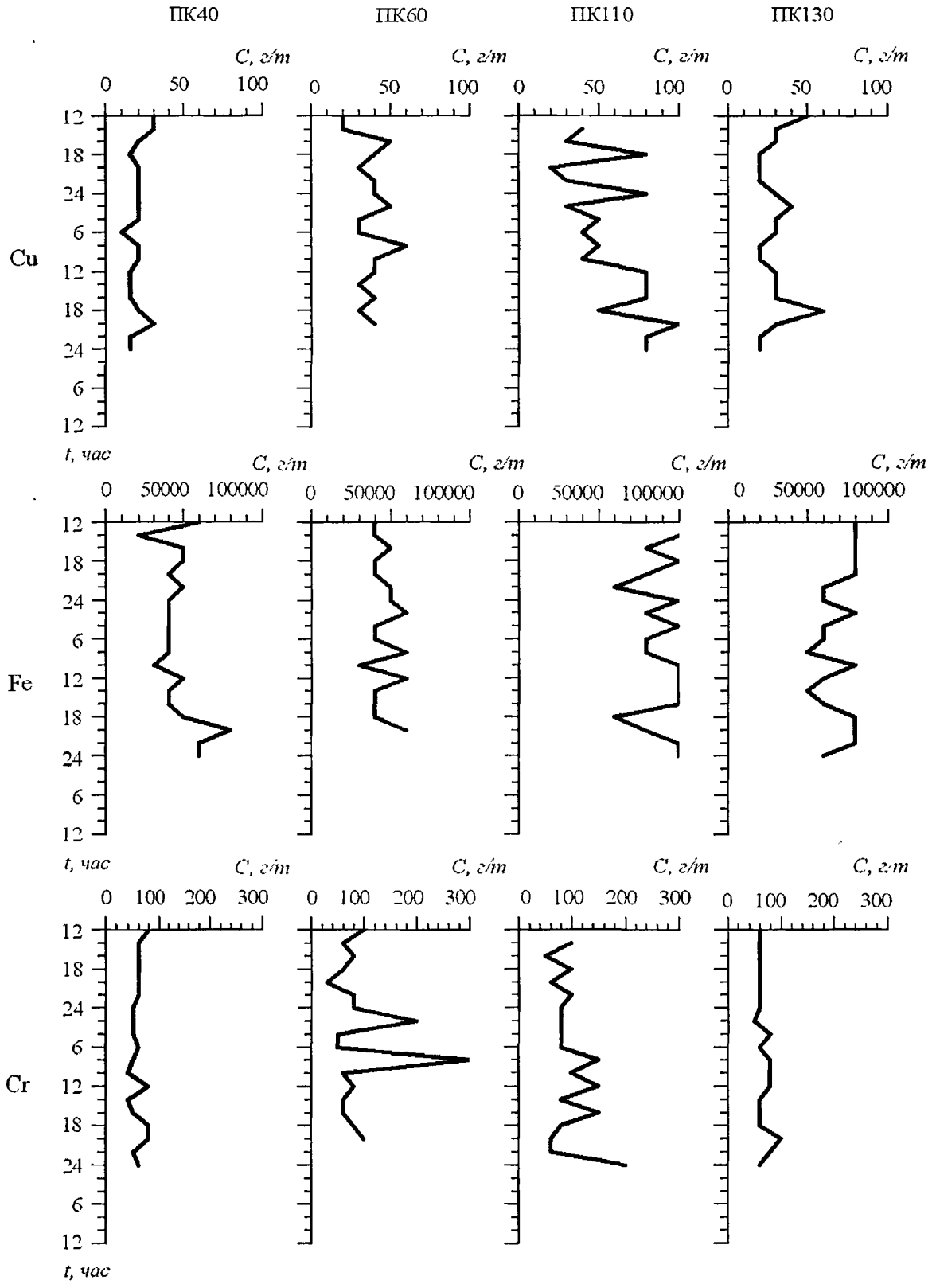


Рис. 4.31. Графики зависимости содержания химических элементов (Cu, Fe, Cr) от времени, пробы отобраны на профиле 2 зоны «Майская»

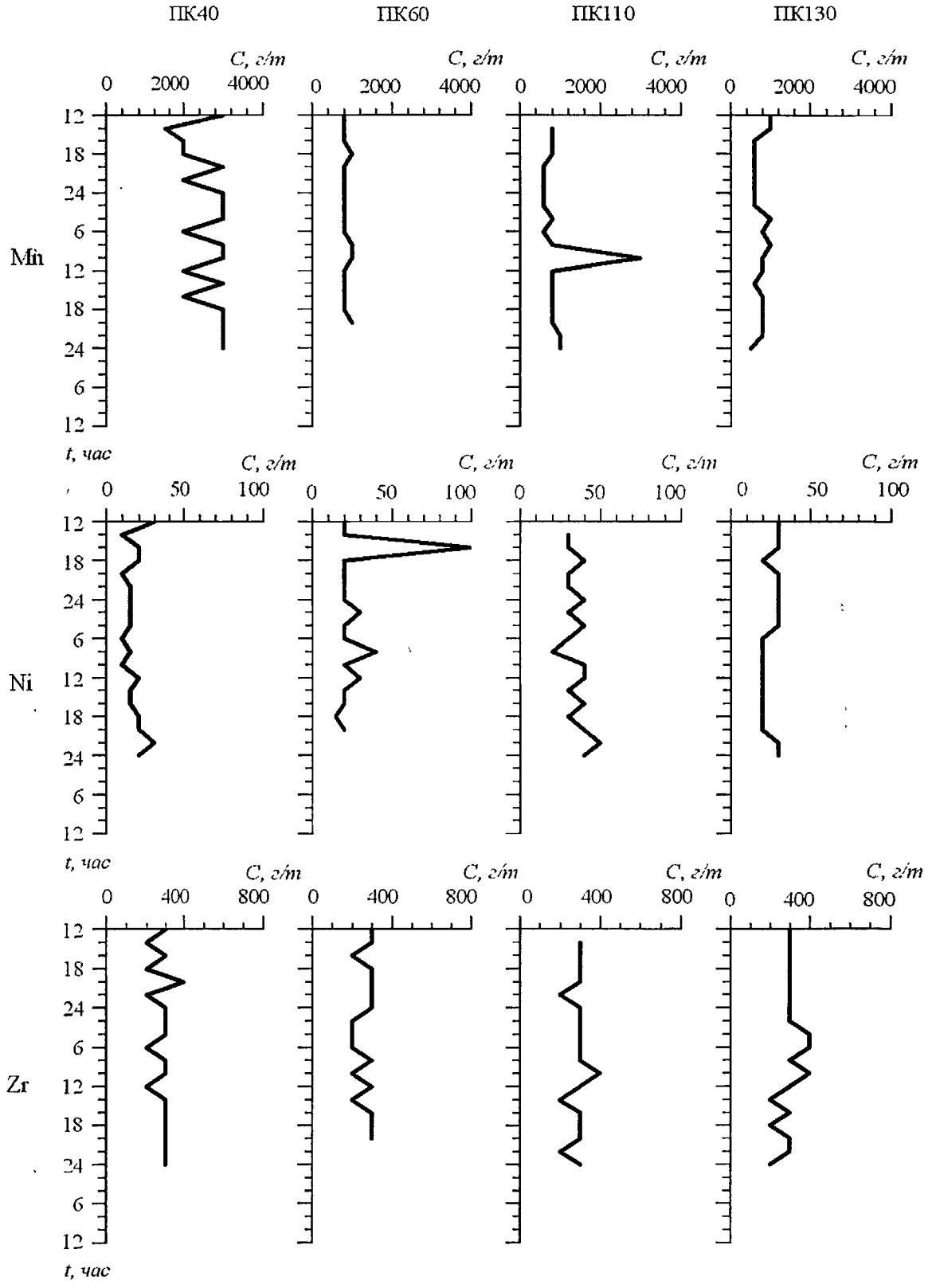


Рис. 4.32. Графики зависимости содержания химических элементов (Mn, Ni, Zr) от времени, пробы отобраны на профиле 2 зоны «Майская»

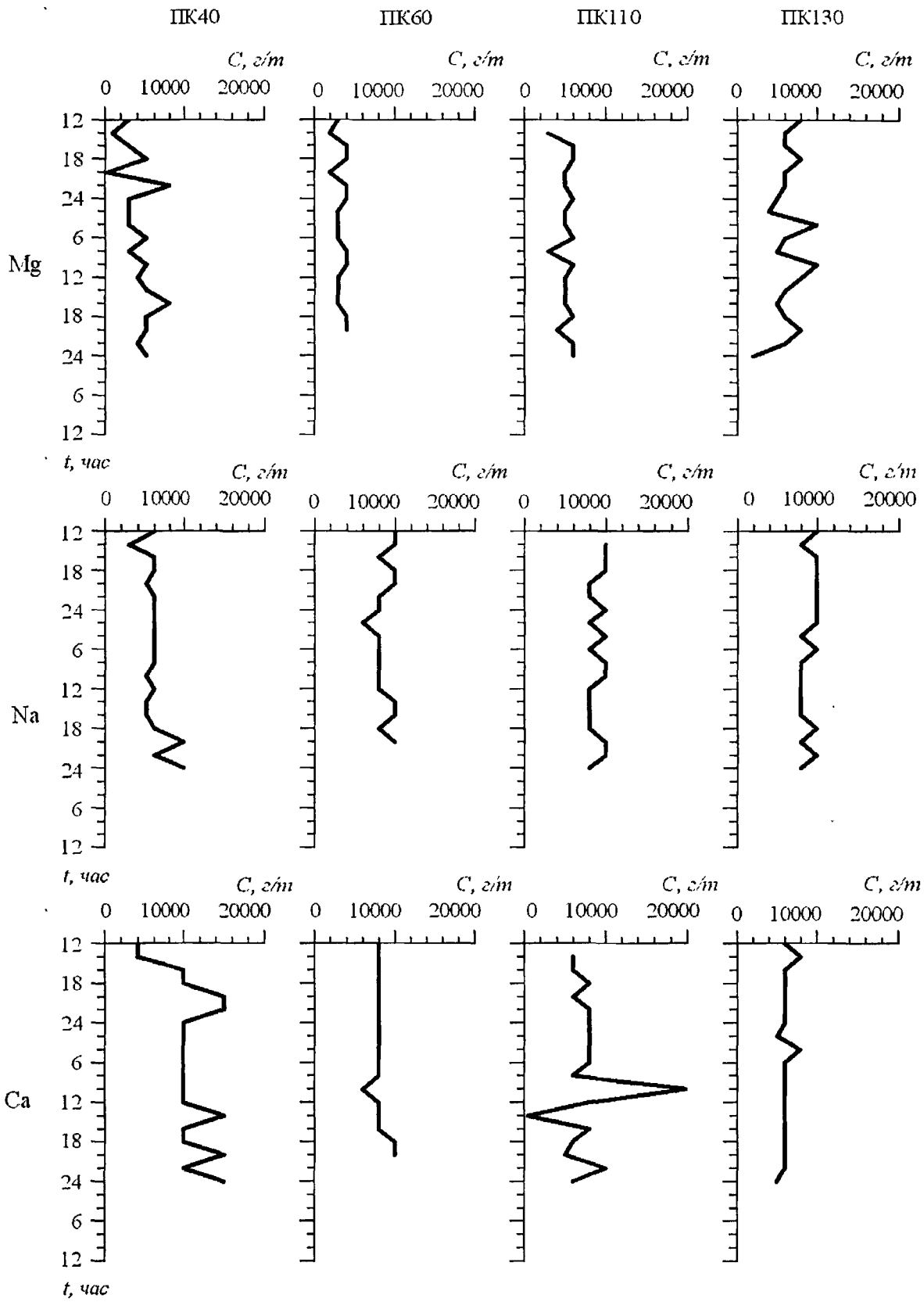


Рис. 4.33. Графики зависимости содержания химических элементов (Ca, Na, Mg) от времени, пробы отобраны на профиле 2 зоны «Майская»

пульсных) повышений содержания в определенное время суток (Sn, Pb, Mn, Ca). Причем, у Pb, Mn и Ca время импульса совпадает и составляет 10 ч местного времени. У Sn время сдвинуто до 14 часов. Характерно, что в это же время более интенсивная пульсация содержания Sn наблюдается на ПК 130 над правым контактом рудной зоны. У других элементов (Cu, Ag) наблюдаются хаотичные изменения содержаний в течение всего времени наблюдений, с большой амплитудой.

Ко второй группе относятся элементы (Cr, Ni) у которых четко выраженные пульсации содержания наблюдаются только на ПК 60 над вмещающими породами в стороне от рудной зоны.

К третьей группе относятся элементы Na, Mg, Zr, временные вариации содержаний которых имеют фоновый характер без выраженных пульсаций.

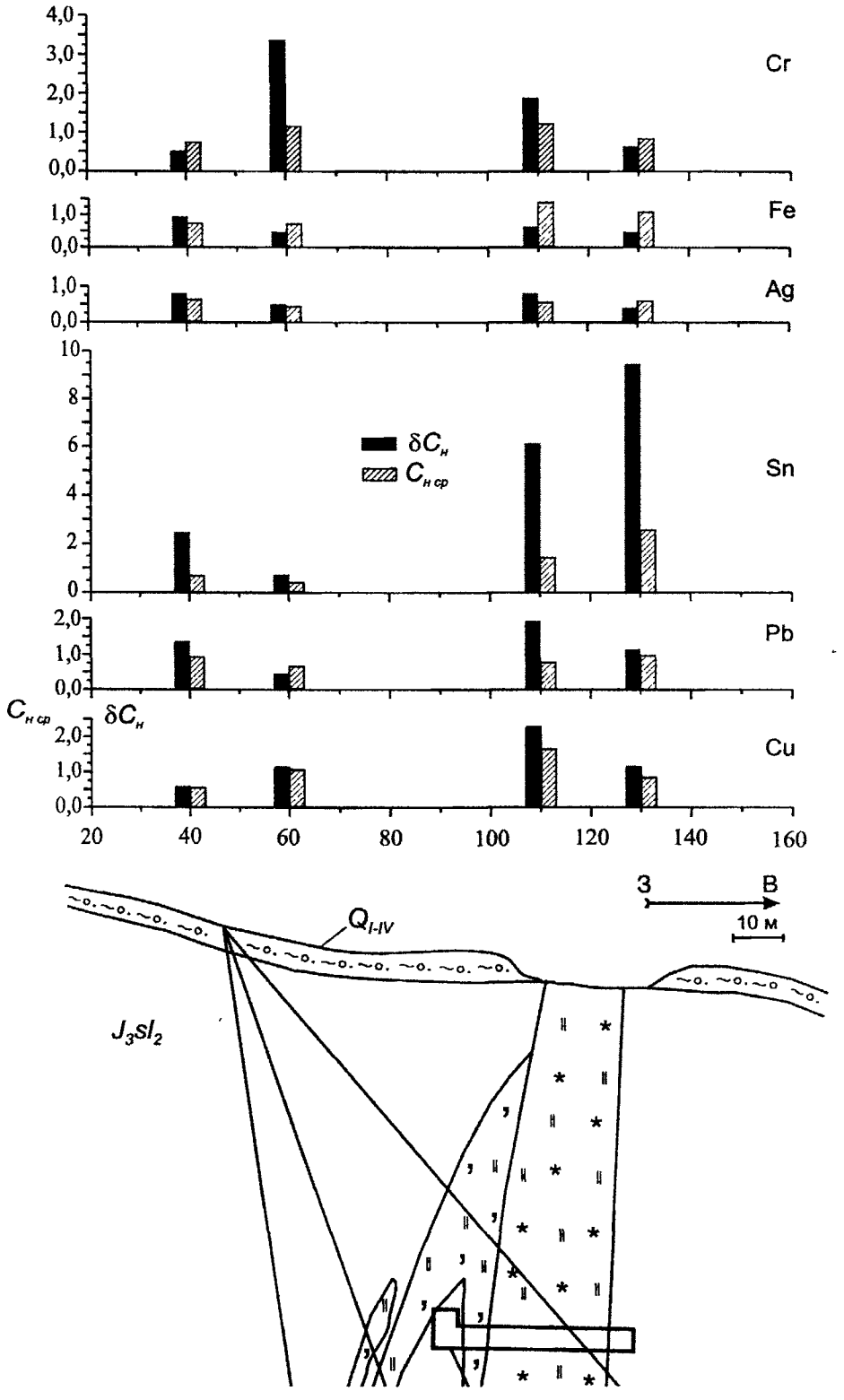
На рис. 4.34 – 4.35 приведены диаграммы динамики содержаний рассмотренных элементов, сопоставленные с геологическим разрезом по ПР 2.

Над рудной зоной наибольшие значения показателя динамики наблюдаются у Sn, меньшие у Pb, Cu, Cr, Ca, Mn, причем у Sn оба контакта рудной зоны отмечаются аномальной динамикой, у остальных элементов только левый контакт. Над меловыми отложениями на ПК 60 наиболее высокие значения показателя динамики наблюдаются у Cr и Ni, а на ПК 40 повышенные значения у Sn, Pb, Mg.

Коэффициенты корреляции между вариациями содержаний элементов и вариациями потенциала ЕП, температуры воздуха и атмосферного давления, как и в предыдущих случаях, указывают на отсутствие связи между этими явлениями.

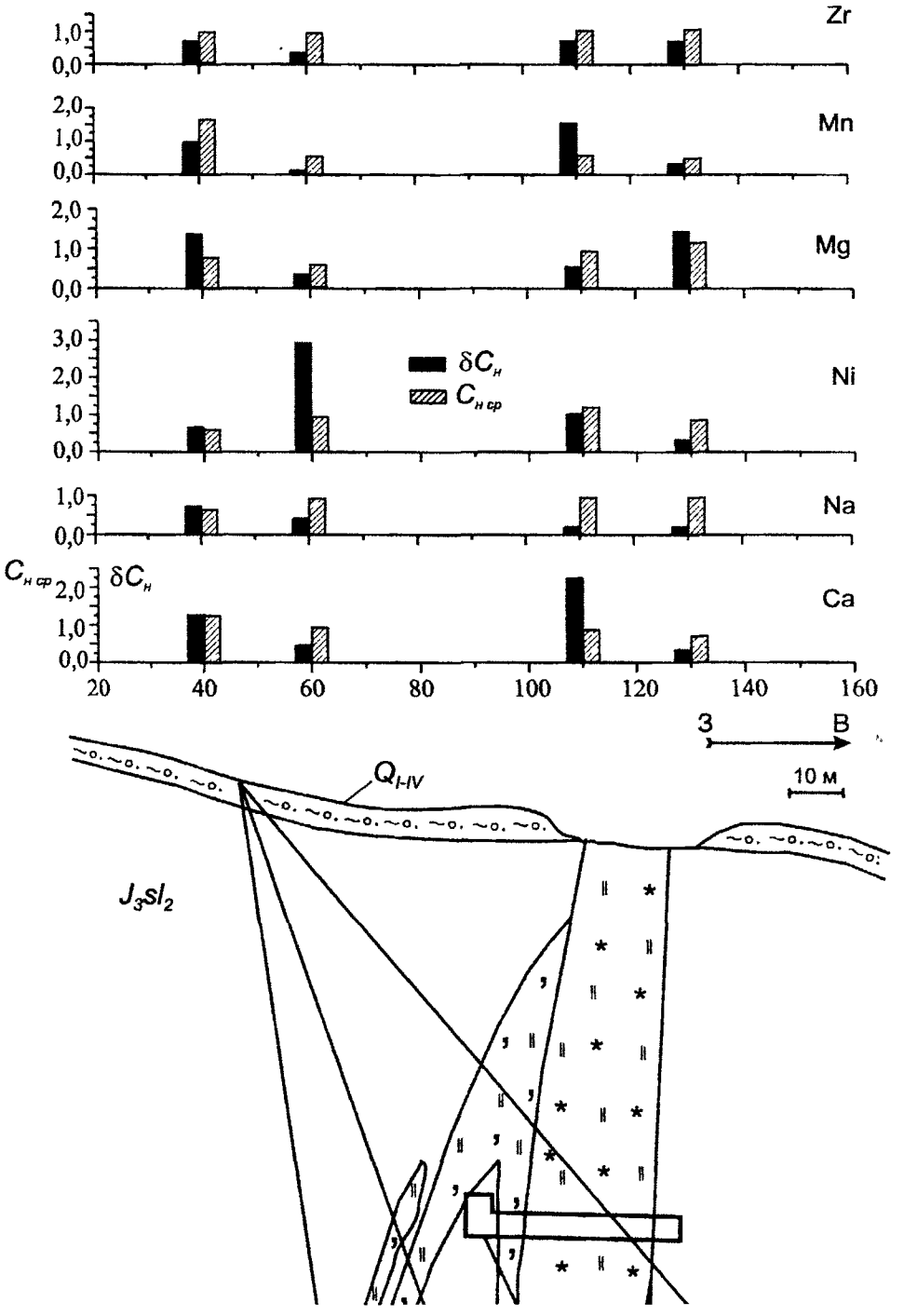
Подведя итог всему вышеизложенному, можно сделать следующие выводы:

- Экспериментально подтверждается факт пульсации геохимических ореолов, как объективно существующего явления. Пульсации проявляются, как правило, в виде спонтанного повышения концентрации элементов в определенные часы местного времени. При этом пульсации являются вероятностным



Условные обозначения на рис. 4.28

Рис. 4.34. Диаграммы нормированных показателей максимальной суточной динамики и средних содержаний элементов (Cu, Pb, Sn, Ag, Fe, Cr) по профилю 2 зоны «Майская» (Геологический разрез по данным Комсомольской партии)



Условные обозначения на рис. 4.28

Рис. 4.35. Диаграммы нормированных показателей максимальной суточной динамики и средних содержаний элементов (Ca, Na, Cr, Ni, Mg, Mn, Zr,) по профилю 2 зоны «Майская» (Геологический разрез по данным Комсомольской партии)

процессом, наблюдаются в разное время соседних суток, либо наблюдаются в одни и отсутствуют в другие. Время пульсаций и их амплитуда не коррелируются с вариациями естественного электрического поля Земли, температуры воздуха и атмосферного давления.

- По интенсивности пульсаций геохимических ореолов исследованные элементы разделяются на две группы. К первой группе, отличающейся повышенной амплитудой пульсаций, относятся халькофильные металлы – Zn, Pb, Cu, Ag, металлы группы железа Ni, Co, Cr и Sn.

Во второй группе, включающей типичные щелочные и щелочноземельные металлы – Na, Ca, Mg – пульсации ореолов практически не наблюдаются, либо наблюдаются в отдельных редких случаях.

- Наиболее интенсивные пульсации содержания элементов наблюдаются во вторичных ореолах рассеяния.

- Аномалии динамики геохимических ореолов элементов первой группы хорошо увязываются с геологическим разрезом. На зоне «Соболиная» они в основном наблюдаются над рудными зонами, на зоне «Майская», как над рудной зоной (на одном профиле), так и над штоком диабазовых порфиритов.

- В пределах одной и той же зоны закономерности пульсации геохимических ореолов существенно меняются. Изменяется время пульсации и соотношение их амплитуды у разных элементов. Так, на профиле 2 зоны «Соболиная» по мере уменьшения амплитуды пульсаций, элементы выстраиваются в один ряд – Cr, Pb, Zn, Sn, Ni, Ag. На профиле 3 ряд другой – Sn, Ag, Cu, Cr, Bi, Pb, Mo, Ni. На профиле 4 пульсация содержаний наблюдается только у четырех элементов – Sn, Ag, Cu, Bi.

На зоне «Майская» аналогичные ряды на профиле 2 – Ag, Mg, Cr, Sn, Pb, Yb, Zr; на профиле 3 - Sn, Cu, Pb, Cr, Ca, Mn. Причина такой многовариационности рядов, по видимому, лежит в неоднородности геологического строения рудных зон по их простиранию.

- В связи с широким диапазоном изменения концентрации элементов в «пульсирующих» ореолах рассеяния, содержание элементов в литогеохимиче-

ской пробе зависит от времени отбора пробы. Это может приводить к ошибкам в оценке перспективности ореолов рассеяния, являющихся одним из важных поисковых критериев.

Заключение

В результате проведенных исследований получены и обобщены обширные материалы по поведению меняющихся во времени естественных электрического, магнитного и геохимического полей Земли. Для проведения натурных экспериментов были выбраны оловорудные зоны Комсомольского рудного района и безрудный объект Северо-Муйского тоннеля. Полученные материалы были подвергнуты математической обработке, включающей статистический и корреляционный анализы. Графики полученных временных разверток и рассчитанных по ним параметров анализировались с помощью их сопоставления между собой и с геологическими разрезами. Это позволило подтвердить ранее выявленные и намеченные закономерности и сделать некоторые новые выводы:

1. Суточные вариации естественных электрического и магнитного полей Земли в энергоактивных зонах отличаются резким (аномальным) нарушением регулярности вариаций, которые в «фоновых» точках имеют спокойный квазилинейный, либо квазисинусоидальный характер. Форма вариаций в аномальных точках не только не воспроизводится, но резко отличается в разные сутки.

2. Аномальная динамика ЕП и МП имеет вероятностный характер. Она может проявляться в виде интенсивных аномалий в одни сутки (в частности в предгрозовые) и вовсе не проявляется в другие (даже соседние) сутки. Поэтому измерения с целью исследования ее закономерностей и решения каких-либо практических задач должны носить мониторинговый характер.

3. Аномалии суточной динамики естественных электрического и магнитного полей увязываются с геологическим разрезом и дают важную геологическую информацию, как рудоносного, так и геокартировочного характера.

- Минерализованные зоны кварц-турмалиновых и кварц-серицитовых метасоматитов с промышленным содержанием олова создают специфические нарушения регулярности суточных вариаций и положительные аномалии параметров динамики ЕП и МП и в тех случаях, когда аномалиями традиционных геофизических методов зоны не фиксируются. При этом аномалии динамики

ЕП и МП в одних случаях пространственно совпадают, в других нет, но дополняют друг друга. Наиболее однозначно информацию о положении рудных зон данного типа дают аномалии параметров динамики МП. Аномалии параметров ЕП, кроме рудных зон, фиксируют манерализованные зоны окварцевания, зоны дробления, контакты пород разного состава. Среди аномалий параметров динамики ЕП и МП наиболее четко с рудными зонами, выходящими к дневной поверхности, увязываются аномалии $\Delta E_{ЕП}$ и $\Delta E_{Т}$. Рудные тела, представленные жилообразными кварцевыми турмалинитами, либо жилами кварца аномалий динамики ЕП и МП не создают. Рудные зоны, залегающие на глубине или перекрытые выветрелыми породами, аномалий динамики также не создают.

4. Все измеряемые параметры динамики ЕП и МП весьма сильно зависят от метеорологических условий измерений. При этом аномалии параметров динамики магнитного поля, в разных погодных условиях меняя свою амплитуду и протяженность, практически не меняют своего пространственного положения, однозначно увязываясь с выходом к дневной поверхности рудных зон. Аномалии динамики ЕП могут менять свое пространственное положение в зависимости от направления движения грозовых электрически заряженных туч. Вариации ЕП и МП и графики параметров динамики, измеренные в ясную и грозовую погоду, практически не воспроизводятся.

5. Над отдельными тектоническими нарушениями, имеющими четкие границы в виде глинки трения и «зеркал» скольжения, наблюдаются аномальные искажения вариаций ЕП и аномалии параметров динамики по амплитуде и характеру искажений аналогичные наблюдаемым над оловорудными зонами. В то же время не все аналогичные тектонические нарушения создают аномалии динамики ЕП, т.е. обладают современной тектонической активностью. Практически не создают аномалий динамики ЕП нарушения в виде одиночных «сухих» трещин, либо серии таких трещин. Изучение динамики естественного электрического поля позволяет картировать энергоактивные тектонические нарушения, характеризующиеся современной тектонической активностью.

6. Экспериментально подтверждается факт пульсации геохимических ореолов, как объективно существующего явления. Пульсации проявляются, как правило, в виде спонтанного повышения концентрации элементов в определенные часы местного времени. При этом пульсации являются вероятностным процессом, наблюдаются в разное время соседних суток, либо наблюдаются в одни и отсутствуют в другие. Время пульсаций и их амплитуда не коррелируются с вариациями естественного электрического поля Земли, температуры воздуха и атмосферного давления.

7. По интенсивности пульсаций геохимических ореолов исследованные элементы разделяются на две группы. К первой группе, отличающейся повышенной амплитудой пульсаций, относятся халькофильные металлы – Zn, Pb, Cu, Ag, металлы группы железа Ni, Co, Cr и Sn. Во второй группе, включающей типичные щелочные и щелочноземельные металлы – Na, Ca, Mg – пульсации ореолов практически не наблюдаются, либо наблюдаются в отдельных редких случаях.

8. Наиболее интенсивные пульсации содержания элементов наблюдаются во вторичных ореолах рассеяния.

9. В связи с широким диапазоном изменения концентрации элементов в «пульсирующих» ореолах рассеяния, содержание элементов в литогеохимической пробе зависит от времени отбора пробы. Это может приводить к ошибкам в оценке перспективности ореолов рассеяния, являющихся одним из важных поисковых критериев.

10. В период проведения исследований конкретные рекомендации по направлению геологоразведочных работ, основанных на результатах анализа динамики геофизических полей передавались Комсомольской геофизической партии ДВТГУ; по картированию тектонических нарушений, отличающихся современной активностью – Северо-Байкальской ГРП ПГО «Бурятгеология».

Список литературы

1. Анализ отклика деформаций земной коры на вариации атмосферного давления / А.А. Любушин [и др.] // Физика Земли. - 1992. -С. 85-89.

2. Бакиров, А.Г. Метод прогноза экологических катастроф по вариациям геофизических полей / А.Г. Бакиров, В.Н. Сальников // Оползни Крыма. - Симферополь, 1999. - С. 127-133.

3. Баласанян, С.Ю. Динамическая геоэлектрика / С.Ю. Баласанян. - Новосибирск: Наука, 1990. -232 с.

4. Баласанян, С.Ю. О тензорной структуре полей Земли / С.Ю. Баласанян // Изв. ВУЗ-ов. Геол. и разведка. - 1983. - 8 с. - Деп. в ВИНИТИ 22.11.82. № 5738-82.

5. Баласанян, С.Ю. Естественно вызванная поляризация горных пород - основа динамической геоэлектрики / С.Ю. Баласанян // Тезисы докладов Всесоюзной конференции ПЭМ 85: сб. статей. - Ленинокан, 1985. - С. 34-36

6. Баласанян, С.Ю. Классификация естественных электрических полей электрохимической природы на инженерно-гидрогеологических объектах / С.Ю. Баласанян // Изв. АН Арм. ССР. - 1975. - Вып. 4. - С. 72-76.

7. Баласанян, С.Ю. О неравномерной электрической поляризации реальных геологических сред / С.Ю. Баласанян, В.А. Кобыльский // сб. статей «Геофизические методы поисков и разведки рудных и нерудных месторождений». - Свердловск, СГИ, 1980. - С. 24-29.

8. Баласанян, С.Ю. Проблема изучения естественной и искусственной поляризации геологической среды / С.Ю. Баласанян // Изв. ВУЗ-ов. Геол. и разведка. — 1984. - 9 с. — Деп. ВИНИТИ 20.07.84. № 4130-84.

9. Баласанян, С.Ю. Термокапиллярный эффект в горных породах, как один из видов естественной электрической поляризации / С.Ю. Баласанян // ОЦНГИ-ВИЭМС: сер. Регион, развед. и промысл, геофизика. - 1979. - Вып. 2. - 24 с.

10. Баласанян, С.Ю. Явление быстрых пульсаций геохимических ореолов /

С.Ю. Баласанян, А.С. Охранчук // Геохимия в локальном металлогеническом анализе. - Новосибирск, 1986. - С 32-33.

11. Баласанян, С.Ю. Роль геоэлектрической энергии в миграции химических элементов Земли / С.Ю. Баласанян // Докл. АН СССР. – 1986. – Т. 286, № 5. – С 1227-1232.

12. Бенькова, Н.П. Spherical harmonic analysis of the Sq variations // Н.П. Бенькова. Terr. mag., 45, 1940. - С 425-432

13. Беус, А.А. Геохимия литосферы / А.А. Беус. - М:. Недра, 1972. - 296 с.

14. Вартанян, Г.С. О глобальном гидрогеодеформационном поле / Г.С. Вартанян, Г.В. Куликов // Сов. геология. - 1983, №5. - С. 115-125.

15. Васюточкин, Г.С. Факторы аномального поведения вариаций в средних широтах и учет их при высокоточных наземных компонентных съемках / Г.С. Васюточкин //Экспресс информация. Сер. Региональная, развед. и промысловая геофизика. - 1976. - Вып. 19. -М.: ВИЭМС, -С. 16-35.

16. Васюточкин, Г.С.Циклические геомагнитные вариации и учет их в магниторазведке / Г.С. Васюточкин // Обзор. Сер. Региональная, развед. и промысловая геофизика. - М.: ВИЭМС, 1978, - 52 с.

17. Геология, минералогия и геохимия Комсомольского района / Е.А. Радкевич [и др.] - М.: Наука, 1971 - 335 с.

18. Геофизические исследования при поисках и оценке скрытых месторождений олова / А.П. Мишин [и др.] -М.: ОНТИ ВИЭМС, 1979. - 47 с.

19. Голубев, В.С. Динамика геохимических процессов / В.С. Голубев. -М:. Наука, 1981. - 201 с.

20. Григорян, С.В. Первичные геохимические ореолы при помсках и разведке рудных месторождений / С.В. Григорян. -М.: Недра, 1987. - 408 с.

21. Диссертация Авгулевича Д.Л. Исследование меняющихся во времени естественных электрических полей Земли с целью выявления закономерностей их формирования и совершенствования метода естественного электрического поля: дис.: канд. геол.-мин. наук / Д.Л.Авгулевич; – Иркутск, 2003. – 156 с.

22. Инструкция по магниторазведке / под ред. Ю.С. Глебовского, В.Е. Никитского. – Л.: Недра, 1981. – 374 с.

23. Инструкция по электроразведке / - Л.: Недра, 1984. - 352 с.

24. Карасев, А.П. Аномальная суточная динамика полей вызванной поляризации / А.П. Карасев, Е.Ю. Юдиицких; 1995. 22 с.- Деп. в ВИНИТИ 14.06.1995, № 1755-В95.

25. Карасев, А.П. Динамика естественного электрического поля в нижней части северного борта Читино-Ингодинского рифта (геофизический полигон Яблоновый) / А.П. Карасев, Д.Л. Авгулевич, Е.М. Фалькин // Новый век - новые открытия: Мат. науч.-тех. конференции, посвященной 40-ю ЗабНИИ. - Чита, 2001. - С. 84-87.

26. Карасев, А.П. Исследования суточной динамики полей вызванной поляризации / А.П. Карасев, Е.Ю. Юдиицких // Изв. Чит. политех. ин-та. - 1995. - № 1. - С. 34-39.

27. Карасев, А.П. Теоретические предпосылки суточной динамики поля вызванной поляризации в ранней стадии / А.П. Карасев, Е.Ю. Юдиицких; - 1996. - 18 с. - Деп. в ВИНИТИ 13.03.96, №795-В96.

28. Лебедев, Л.М. Ионно-атомные радиусы и их значения для геохимии и химии / Л.М. Лебедев. - Л:. 1969. - 193 с.

29. Логачев, А.А. Магниторазведка / А.А. Логачев В.П. Захаров. – Л.: Недра, 1979. - 198 с.

30. Ляхов, Л.Л. О геофизических наблюдениях неотектоники на геодинамических полигонах / Л.Л. Ляхов // Изв. ВУЗ-ов. Геол. и разведка. - 1993. -№ 4. - С. 14-18.

31. Нерсесов, И.Л., Пространственная неоднородность временных вариаций скоростных параметров в земной коре Гармского района / И.Л. Нерсесов, Г.А. Попандопуло // Изв. АН СССР: Физика Земли. 1988. - № 8. - С. 13-24.

32. Паркинсон , У. Введение в геомагнетизм: пер. с аегл. / У. Паркинсон. - М.: Мир, 1986. - 528 с.

33. Перельман, А.И. Геохимия / А.И. Перельман.// Учб. для геол. спец. вузов. - М:. Высш. шк., 1989. - 528 с.

34. Петрофизика / Г.С. Вахромеев [и др.]. - Томск: ТГУ, 1997. - 461 с.

35. Пономарев А.В. Изучение вариаций электрического состояния горных пород применительно к поискам предвестников землетрясений: Дис... канд.физ.-мат.наук. -М, 1987.-299 с.

36. Регистрация и обработка сигналов электромагнитного излучения горных пород / М.В. Курленя [и др.]. - Новосибирск: Изд-во Сиб. отд. РАН, 2000. - 231 с.

37. Рысс, Ю.С. Геоэлектрохимические методы разведки / Ю.С. Рысс. - Л.: Недра, 1983. -255 с.

38. Рысс, Ю.С. Естественные электрические поля на рудном Алтае и их геологическое значение: автореф. дис.: к.г.-м.наук / Ю.С. Рысс. -Л., 1963. - 22 с.

39. Рысс, Ю.С. Основные особенности меняющихся естественных электрических полей в Земле и их геологическое значение / Ю.С. Рысс // Новое в методике и технике геологоразведочных работ. – М:. ВИТР. – 1961. – сб. 3. – С. 189-217.

40. Семенов, А.С. «Меняющиеся естественное электрическое поле» в Земле / А.С. Семенов, М.Е. Новожилова, А.В. Вешев // Вопросы рудной геофизики. - 1957. - Вып. 1. -С. 83-113.

41. Семенов, А.С. Поле геофизическое // Геологический словарь. - М.: Недра,1978.-Т. 2.-С. 107-108.

42. Семенов, А.С. Электроразведка методом естественного электрического поля / А.С. Семенов - Л.: Недра, 1980.- 446 с.

43. Скавинский, В.П., Сальников В.Н. Закономерности магнитных и электрических полей в энергоактивных зонах Горного Алтая / В.П. Скавинский, В.Н. Сальников В.Н. // Геология и геофизика активных областей Восточной Сибири. - Иркутск, 1988.- С. 83-84.

44. Спектральный анализ при поисках рудных месторождений / С.В. Лонцих

[и др.] -Л:. Недра, 1969. - 296 с.

45. Троицкая, В.А. Короткопериодные возмущения электромагнитного поля Земли / В.А. Троицкая // Тр. Геофизического института АН СССР. 1956. - № 32. - С. 26-61.

46. Филатов, В.А. Магнитные вариации в аномальном поле / В.А. Филатов, В.Н. Филатова // Вопросы рудной геофизики Сибири. - 1969. - Вып. 93. – Новосибирск: СНИИГГИМС, – С. 3-18.

47. Электромагнитные предвестники землетрясений / под ред. М.А. Садовского. - М.: Наука, 1982. - 87 с.

48. Юман, М. Молния / М. Юман. - М:. Мир, 1972. - 327 с.

49. Chapman, S. Solar and lunar diurnal variationsof terrestrial magnetism // S. Chapman. Phil. Trans. Roy. Soc. - London, 1919. - P. 1-118

50. Fujinava, T.UIP underground electric field variations as the imminent precursor of an earthquake / T. Fujinava, K. Takahashi, T. Kimagai // Ibid. - 1990. - Vol. 43. - № 2. - P. 287-290.

51. Gish, O. The problem of vertical earth current / O. Gish // Transactions of the Amer. Geophys. Union. - Washington, 1933. -P. 144-146.

52. Meyer, K. Periodic variations of the electric field of the Earth prior to imminent earthquakes in Greece / K. Meyer //Rep. Seismol. Dep. - 1985. -№ 3. -P. 1-11.

53. Miyakoshi, J. Anomalous time variation of the self-potential in the fractured sone of an active funlt preceding the earthquake occurrence / J. Miyakoshi // J.Geomagn. Electr. - 1986. -Vol.38.-№ 10.-P. 1015-1030.

54. Nagata, T. Variations in earth-current in the vicinity of the Sicano Panlt / T. Nagata // Bull.Earthquake Res. Inst. Univ. - Tokyo, 1944. - Vol. 22. -№ 1.-P. 72-82.

55. Noto, H. Some experiments on Earth current, 2 / H. Noto // Jap.J.Astron, Geophys, 1933, -Vol. 10.- P. 263-303.

56. Qian, F. A model of an impending-earthquake precursor of geoelectricity triggered by tidal Toroes / F. Qian, Y. Zhao, T. Xu // Phys. Earth and Plamet. Intern, - 1990. - Vol. 62. - № 3/4. -P. 284-297.

57. Ralchovski, T.M. An experimental result for the earth electric potential and the earthquakes / T.M. Ralchovski, J.S. Djakov, B.K. Rangelov // Докл. Болг. Акад. наук, 1986. - Т. 39. - № 11.- С. 61 - 63.

58. Ralchovski, T.M. Periodicity of the electric precursor before strong earthquakes / T.M. Ralchovski, L.N. Komarov L.N. // J. Steroid Biochem. - 1987. - Vol. 27. - № 1/3. - P. 325-327.

59. Raspopov, O.M. Investigastion on Pc3 frequency geomagnetic pulsations in conjugate areas around L = 4 // O.M. Raspopov, L.J. Lanzerotti. Rev. Geophys. Space Phys., 1976. – С. 577-589.

60. Stenquist, P. Etud des courrents telluriquts / P. Stenquist // - Stocholm, 1925. - 79 p.

61. Varotsos, P. Physical properties of the variations of the electric field of the Earth proceeding earthquakes. 1 / P. Varotsos, K. Alexopoulos // Ioid. - 1984. - Vol. 110. - № 1. - P.73-125.

62. Wernicke, B. Low-angle normal faults in the basin and Range Province: nape tectonics in an extended orogen / B. Wernicke // Nature. -1981. - v. 291. -P. 645-648.

63. Zorin, Yu.A. The East Siberia Transect / Yu.A. Zorin, V.G. Belichenko, E.Kh. Turntanov // International Geology Review, 1995. - V. 37. - P. 154-175.

Фондовые

64. Изучение современной активности тектонических разломов в районе Северомуйского тоннеля технологическим комплексом методов динамической геофизики (ТК МДГ): Отчет о НИР (заключ.) / ЧитПИ; Рук. С.Ю. Баласанян - № ГР 01890165437; Инв. № 02480085984 - Чита, 1990. - 84 с.

65. Исследования закономерностей изменчивости (динамики) геофизических полей в энергоактивных зонах Земли (на примере Восточного Забайкалья) с целью решения задач геологии и выработки критериев прогноза землетрясений: Отчет по теме г/б 1 (заключ.) / ЧитГТУ; Рук. А.П. Карасев - № ГР 01960004025; Инв. № 02200105306 - Чита, 2000. - 171 с.

66. Исследования эффекта АСДЛГП с целью разработки новой технологии

геофизических методов поиска и разведки месторождений полезных ископаемых: Отчет о НИР (заключ.) / ЧитПИ; Рук. СЮ. Баласанян - № ГР 01890065625; Инв. № 02760085632 - Чита, 1990. - 148 с.

67. Основы поляризационных явлений геологических сред и их прикладное значение: Отчет о НИР (заключ.) / ЧитПИ; Рук. С.Ю. Баласанян - № ГР 80045390; 800453904; Инв. № 0285.0 085744 - Чита, 1985. - 101 с.

68. Разработка геофизических способов выделения рудных объектов на фоне измененных пород в пределах рудных полей (на примере Шахтаминского рудного поля): Отчет о НИР (заключ.) / ЧитПИ; Рук. С.Ю. Баласанян - № ГР 78059047; Инв. № 02829056103 - Чита, 1982. - 77 с.

69. Разработка и внедрение комплекса детализационных геофизических методов для локализации перспектиных участков на рудных месторождениях и проявлениях Приамурья: Отчет о НИР (заключ.) / ЧитПИ; Рук. С.Ю. Баласанян - № ГР 01850014374; Инв. № 0290.0 947970 - Чита, 1990. - 969 с.

70. Разработка комплкса детализационно-оценочных геофизических методов и способов интерпретации геофизических полей с целью выделения перспективных участков на малосульфидных золоторудных месторождениях и рудопроявлениях Приамурья: Отчет о НИР (заключ.) / ЧитПИ; Рук. С.Ю. Баласанян - № ГР 01820070819; Инв. № 0287.0 050276 - Чита, 1985. - 88 с.

71. Разработка методики геофизических способов выделения льдов и сильно льдистых грунтов в районе Озерного ГОК-а: Отчет о НИР (заключ.) / ЧитПИ; Рук. С.Ю. Баласанян - № ГР 80018725; Инв. № 02828033226 - Чита, 1982. - 93 с.

72. Отчет о результатах поисковых геолого-геофизических работ крупного масштаба в пределах Солнечной, Придорожной и Лучистой рудоносных структур в Комсомольском рудном районе в 1984-1987 гг.: Отчет (заключ.) / ДВГТУ; И.М.Терехов и [др.] - № ГР 118364/17 – Хабаровск, 1988. – 276 с.

Опубликованные работы

1. Баласанян С.Ю. Эффект аномальной суточной динамики содержаний химических элементов в литогеохимических, гидрогеохимических, биогеохимических и атмохимических ореолах / С.Ю. Баласанян, А.С. Охранчук, А.С. Дружинин, В.Ж. Добшинов, **А.П. Иваненкова** // Актуальные проблемы наук о Земле. Вуз.сб. науч. трудов. – Чита: ЧитПИ, 1990. – С. 81 - 86.

2. Карасев А.П. Особенности проявления аномальной суточной динамики параметров РСВП на Талатуйском месторождении / А.П. Карасев, Е.Ю. Юдицких, В.Ж. Добшинов, **А.П. Иваненкова** // «Вестник Читинского политехнического института», юбилейный выпуск. - М:, МГГУ, - 1995. – С. 242 - 248.

3. Добшинов В.Ж. Исследование динамики естественного электрического поля в биообъектах / **А.П. Иваненкова**, В.Ж. Добшинов, А.С. Дружинин, // «Вестник Читинского политехнического института», юбилейный выпуск. - М:, МГГУ, - 1995. – С. 257 - 264.

4. Карасев А.П. Анализ геофизикобиогеохимических полей в биообъекте / А.П. Карасев, Е.Ю. Юдицких, В.Ж. Добшинов, **А.П. Иваненкова** // «Вестник Читинского политехнического института», юбилейный выпуск. –М:, МГГУ, - 1995. - С. 265 – 270.

5. Добшинов В.Ж. К вопросу о геологической информативности технологического комплекса методов динамической геофизики (тезисы к докладу) / В.Ж. Добшинов, **А.П. Иваненкова** // «Геофизические методы при разведке недр и экологических исследованиях» (Сб. материалов) - Томск: ТПУ. – 1996. – С. 33 – 34.

6. Добшинов В.Ж. К вопросу об интерпретации данных технологического комплекса методов динамической геофизики / В.Ж. Добшинов, А.С. Дружинин, **А.П. Иваненкова** // «Геофизические методы при разведке недр и экологических исследованиях» (Сб. материалов) - Томск: ТПУ. – 1996. – С. 35 – 35.

7. **Иваненкова А.П.** Изучение динамики литогеохимических полей на примере месторождения «Соболинное» Комсомольского рудного района / А.П. Иваненкова, В.Ж. Добшинов // «Геофизические методы при разведке недр и экологи-

ческих исследованиях» (Сб. материалов) - Томск: ТПУ. – 1996. – С. 101 – 102.

8. Авгулевич Д.Л. Технологический комплекс методов динамической геофизики для прогноза землетрясений / Д.Л. Авгулевич, В.Ж. Добшинов, **А.П. Иваненкова** // «Геофизические методы при разведке недр и экологических исследованиях» (Сб. материалов) - Томск: ТПУ. – 1996. – С. 128 -129.

9. **Иваненкова А.П.** Исследование информативности динамической литогеохимии / В.Ж. Добшинов, А.П. Иваненкова // Юбилейный сборник ЧитГТУ. – Чита: ЧитГТУ, - 1997. – С. 85 – 87.

10. Добшинов В.Ж. Возможности геофизико-биогеохимического метода / В.Ж. Добшинов, **А.П. Иваненкова** // Юбилейный сборник ЧитГТУ. – Чита: ЧитГТУ, - 1997. – С. 87 -89.

11. Добшинов В.Ж. Возможности геофизико-биогеохимического метода / ВЖ. Добшинов, **А.П. Иваненкова** // Первая научно-техническая конференция, посвященная открытию Горного института (материалы конференции). - Чита: ЧитГТУ, - 1998. – С. 52 – 54.

12. **Иваненкова А.П.** К вопросу об информативности литогеохимического варианта комплекса методов динамической геохимии / В.Ж. Добшинов, А.П. Иваненкова // Первая научно-техническая конференция, посвященная открытию Горного института (материалы конференции). - Чита: ЧитГТУ, - 1998. – С. 48 – 49.

13. Добшинов В.Ж. Влияние атмосферного давления на электромагнитные свойства горных пород / В.Ж. Добшинов, **А.П. Иваненкова,** Б.В. Добшинов, А.В. Безбородкин // Первая научно-техническая конференция, посвященная открытию Горного института (материалы конференции). - Чита: ЧитГТУ, - 1998. – С. 73 – 74.

14. Добшинов В.Ж. Динамика естественного электрического поля Земли электромагнитной природы/ В.Ж. Добшинов, **А.П. Иваненкова** // Вторая научно-техническая конференция Горного института(материалы конференции). - Чита: ЧитГТУ, - 1999. – С. 47 – 48.

15. **Иваненкова А.П.** Геофизические и геохимические явления, сопровождающие динамику ЕП электрокинетической природы / А.П. Иваненкова, В.Ж. Доб-

риалы конференции). – Чита, ЧитГТУ. - 1999. – С. 48 – 49.

16. Добшинов В.Ж. Роль электрокинетических явлений в динамике естественных электрических полей Земли / **А.П. Иваненкова,** В.Ж. Добшинов // Вторая научно-техническая конференция Горного института (материалы конференции). – Чита, ЧитГТУ. - 1999. – С. 56 -57.

17. **Иваненкова А.П.** Роль электрической энергии поля накопленного заряда в геохимических явлениях / А.П. Иваненкова, В.Ж. Добшинов // Вторая научно-техническая конференция Горного института(материалы конференции). – Чита, ЧитГТУ. - 1999. – С. 57 – 58.

18. **Иваненкова А.П.** О возможностях метода литогеохимии в динамическом варианте / А.П. Иваненкова, В.Ж. Добшинов // Третья научно-техническая конференция Горного института (материалы конференции). – Чита, ЧитГТУ. - 2000. Ч.-II. – С. 59 – 60.

19. **Иваненкова А.П.** Закономерности проявления суточной динамики естественных полей Земли над безрудными объектами (на примере Северо-Муйского тоннеля) / А.П. Иваненкова // Вестник ЧитГУ, - Чита, - 2005. – С. 109 – 119.

20. **Иваненкова А.П.** Исследование геологической информативности суточной динамики естественных электрических и магнитных полей Земли на рудных объектах / А.П. Иваненкова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М., - 2007. - Вып. 4. – С 186 - 199.

21. **Иваненкова А.П.** Изучение геологической структуры инженерно-геологических объектов методами естественного электрического поля в динамическом варианте (на примере Муйского тоннеля БАМ) / А.П. Иваненкова, А.П. Карасев // Горный информационно-аналитический бюллетень, - М., 2007.

22. Карасев А.П. Геологические аспекты пульсаций геохимических ореолов на оловорудных месторождениях / **А.П. Иваненкова**, А.П. Карасев // Горный информационно-аналитический бюллетень, - М., 2007.

23. **Иваненкова А.П.** Исследование геологической информативности метода естественного электрического поля в динамическом варианте на безрудном объекте (на примере Муйского тоннеля БАМ) / А.П. Иваненкова, А.П. Карасев // Вестник ИрГТУ. - 2007. - № 4 (32). – С. 58-69.

24. **Иваненкова А.П.** К вопросу о геологической информативности аномальной суточной динамики естественных полей Земли на рудных объектах (на примере Комсомольского рудного района) / А.П. Иваненкова // Геология, поиски и разведка рудных месторождений. Известия Сибирского отделения секции наук о Земле РАЕН. -2007. - № 5 (31). – С. 92-99.