

**СЕМИНАР 3
ДОКЛАД НА СИМПОЗИУМЕ "НЕДЕЛЯ ГОРНЯКА -
2001"**

МОСКВА, МГГУ, 29 января – 2 февраля 2001 г.

© С.А. Константинова, Г.Г. Кассин,
С.В. Глебов, 2001

УДК 53.087:531.3:550.3:622.831

**С.А. Константинова, Г.Г. Кассин, С.В. Глебов
О ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ РАЙОНИРОВАНИИ НЕДР
И ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ВЕРХНЕКАМСКОМ
МЕСТОРОЖДЕНИИ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ**

В

связи с обострившейся в последние годы проблемой геодинамической безопасности [1] при дальнейшей эксплуатации Верхнекамского месторождения калийных и калийно-магниевых солей (ВКМКС) параметры очистных и закладочных работ на всех 6-ти действующих рудниках и меры охраны подрабатываемых зданий и сооружений на земной поверхности должны регулярно корректироваться на основе актуальных данных системы *геодинамического мониторинга* свойств и состояния подработанного и надработанного породного массива, включая надсолевую, солевую и подсолевую породные толщи.

Цель, роль и задачи системы геодинамического мониторинга геологической среды Верхнекамского региона, а также её структуры сформулированы в [1]. Геодинамический мониторинг должен осуществляться на *геодинамическом полигоне*. По современным представлениям геодинамический полигон – это участок недр и земной поверхности, на котором осуществляется мониторинг современных движений (природных и техногенных) и геофизических полей.

На том участке земной поверхности и недр, который будет в

дальнейшем называться геодинамическим полигоном, должно быть выполнено *геодинамическое районирование*. Этот термин введён И.М. Петуховым и М.Н. Батугиной [2] в развиваемом ими в горной науке направлении – «Геодинамика месторождений», практическая значимость которого заключается в решении задач по предотвращению техногенных катастроф, исходя из концепции о том, что большинство негативных событий при подземной разработке полезных ископаемых происходит вблизи геологических нарушений (аномалий).

Исходя из общепринятого положения о том, что среди геологических факторов, определяющих геодинамическое состояние породного массива, доминирующую роль играет его блочная структура, авторы метода геодинамического районирования [2] выделяют блоки различного масштабного уровня, применяя в качестве основного *геоморфологический метод*.

Нам представляется, что в основе геодинамического районирования на территории ВКМКС должно лежать *тектоническое районирование* недр и земной поверхности комплексом геолого-геофизических методов с применением ГИС-технологий по элементам как разломно-блоковой, так и соляной тектоники.

Если осуществляется геодинамическое районирование участка недр и земной поверхности, на территории которого длительное время ведётся добыча полезных ископаемых, то необходимым элементом районирования является *оценка техногенных нагрузок* и энергии возмущений, внесённых в геологическую среду, с учётом динамики очистных и закладочных работ [3].

В качестве участка для проведения геодинамического мониторинга породного массива выбран участок в южной части Верхнекамского месторождения, границы которого охватывают горные отвалы Первого, Второго и частично Четвёртого Березниковских рудников ОАО «Уралкалий».

Первый Березниковский рудник введён в эксплуатацию в 1954 году, Второй Березниковский – в 1969 г. На территории выбранного участка находятся г. Березники и многочисленные посёлки.

В рамках данной статьи остановимся на результатах *тектонического районирования* недр и земной поверхности *по элементам разломно-блоковой тектоники*. Применялся комплекс методов, основными в котором являлись геолого-геофизические методы, а геоморфологический метод использовался как косвенный.

На территории ВКМКС по геофизическим данным [4] выделена сеть разломов, однако к категории глубинных разломов в их классическом понимании (разломов земной коры) относятся меридиональный Красноуфимский и широтный Дуринский, которые отражены также в схеме неотектоники Среднего Урала [5] и интерпретируются как разломы в земной коре. Через участок исследований эти глубинные разломы не проходят.

Следует здесь сказать, что по геофизическим данным поверхность фундамента погружается в пределах Соликамской впадины с

запада на восток от 3,5 км до 6 км. На участке исследований кристаллический фундамент находится на глубине до 4,5 км. Геомеханическими расчётами установлено [3], что при разработке калийных пластов на ВКМКС на глубинах 140÷390 м геодинамическую опасность могут представлять те структуры, которые расположены выше очистного пространства до земной поверхности и ниже – на глубину 300÷400 м.

На рис. 1 приведён фрагмент схемы тектонических структур ВКМКС Кассина-Нояксова-Филатовой [4] для участка исследований, построенной на основе анализа материалов гравиметровой съёмки масштаба 1:25000 и аэромагнитной съёмки масштаба 1:10000.

На рис. 2 иллюстрируется картирование геофизическими методами Н.-Зырянского разлома. Изодинамы магнитного поля приведены для высоты полёта, равной 500 м.

По данным [6] в районе Н.-Зырянского разлома уверенно картируются геоморфологические элементы, являющиеся границами морфоструктур I и II порядков.

Полоса, в которой установлены морфоструктуры, сопоставима с полосой геофизических аномалий. Геофизические поля и морфоструктуры проявляются в зоне разлома фрагментарно, что свидетельствует о сложном строении Н.-Зырянского разлома по простиранию, обусловленном неодинаковой интенсивностью деформационных процессов в геологической среде при формировании разлома.

В трех точках области динамического влияния (ОДВ) Н.-Зырянского разлома установлено повышенное содержание гелия в подземных водах, равное 13, 38 и 24 %, при фоновых значениях от 2 до 5 [7].

Наличие Н.-Зырянского разлома косвенно подтверждается ши-

ротной ориентацией древней долины р. Зырянка [8].

Анализ геологических материалов по скважинам детальной разведки позволил установить, что в области динамического влияния (ОДВ) Н.-Зырянского разлома наблюдаются

- повышенная (до 60 м) мощность четвертичных отложений – скв. 1018, 115^С, 195, 78^С, 196;
- зеркала скольжения в терригенно-карбонатной толще (ТКТ) – скв. 78^С, 79^С, 85/1, 195;
- интенсивная трещиноватость пород ТКТ и соляномергельной толщи (СМТ) – скв. 112^С, 114^С, 115^С, 117, 85, 85/1;
- значительные интервалы развития каверн и пустот в мергелях СМТ – скв. 4^С, 5^С, 34^С;
- высокая проницаемость пород СМТ – скв. 195;
- пониженное значение выхода керна в СМТ при бурении скв. 2^С, 36^С, 113^С, 1018, 215^С;
- газопроявления в породах соляной толщи при бурении скв. 1018, 85;
- присутствие мергеля с запахом битума в скв. 85/1;
- изменение обычной красной или кирпично-красной окраски сильвинита на розовую и светло-розовую – скв. 4^С, 10^С, 34^С, 40^С.

В ОДВ Н.-Зырянского разлома находится южное окончание Березниковского соляного купола [8].

На уровне сегодняшних знаний Н.-Зырянский разлом характеризуется как региональный разлом-сдвиг, отразившийся в строении надсолевого комплекса пород. Известно, что среди всех разновидностей разломов сдвиги и сдвиговые зоны наиболее неустойчивы в различных полях напряжений, что может вызвать повышенную сейсмичность [9]. В этой связи следует сказать, что очаги 3-х сейсмических событий (9.08.95; 18.08.95; 6.09.95) с магнитудой

$M=1,6\div 2,0$ вытянулись в субширотном направлении вдоль древней долины р. Зырянки [10], т.е. находятся в ОДВ Н.-Зырянского разлома.

В ОДВ Н.-Зырянского разлома установлены провальное образование суффозионного происхождения на земной поверхности, обусловленные наличием трещин бортового отпора по берегам древней долины р. Зырянки [8].

На рис. 3 приведена карта магнитного поля по северной и южной оконечностям диагонального Косевского разлома (см. рис. 1), причём изодинамы поля приведены при высоте полёта 500 м.

В гравитационном поле Косевской разлом выражен преимущественно цепочкой локальных аномалий силы тяжести (рис. 4). Наибольшую по размерам в плане и оконтуренную двумя изодинамами гравитационную аномалию (скв. 198 на рис. 4) можно связать с Дурьманской мульдой, которая является элементом внешней соляной тектоники. Однако три локальные аномальные зоны, вытянутые в юго-восточном – северо-западном направлении связаны со структурно-литологическими неоднородностями, залегающими выше кровли солей, или с линейными плотностными неоднородностями в надсолевой толще, которые интерпретируются как участки повышенной трещиноватости пород. Обращает на себя вни-

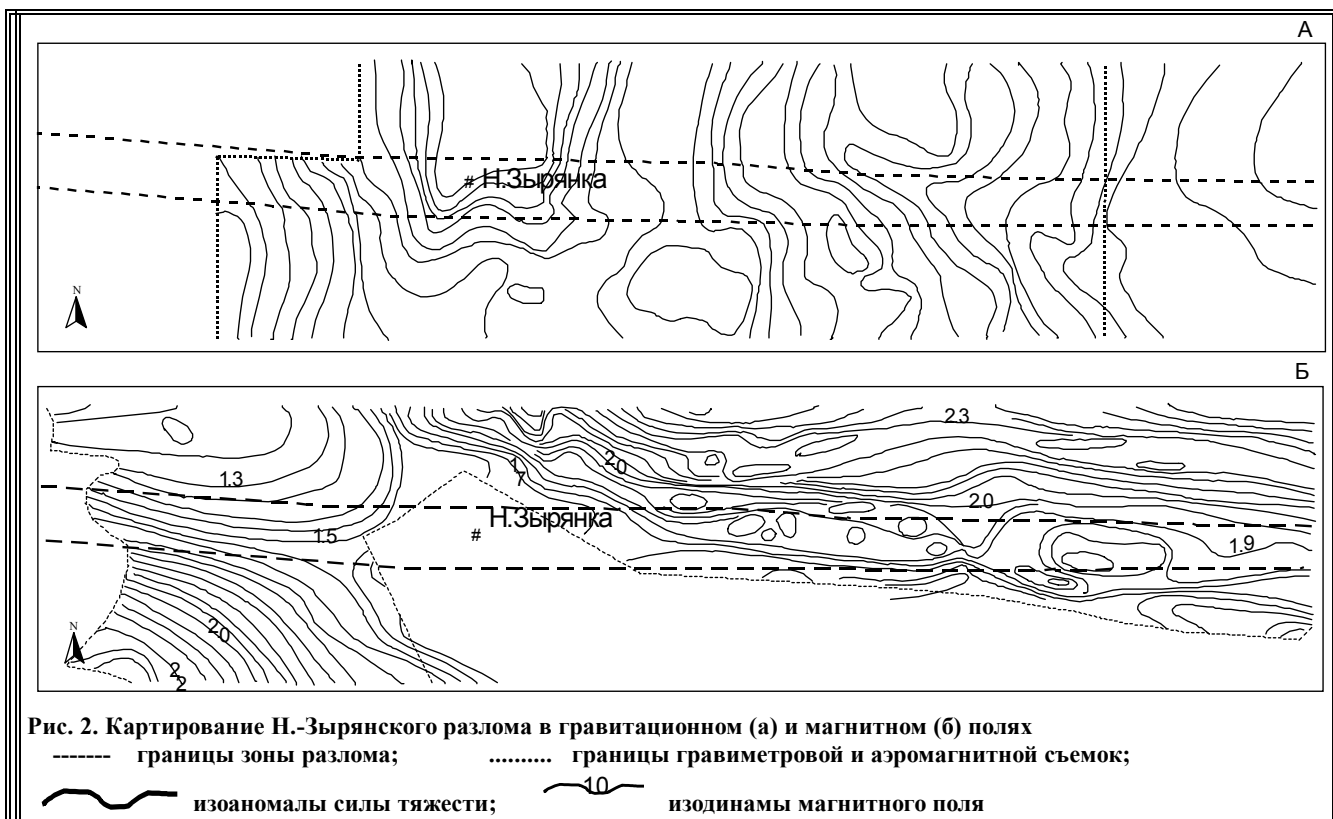


Рис. 2. Картирование Н.-Зырянского разлома в гравитационном (а) и магнитном (б) полях
 ----- границы зоны разлома; границы гравиметровой и аэромагнитной съемок;
 ~~~~~~ изоаномалы силы тяжести; ~~~~~~ изодинамы магнитного поля

**Рис. 1. Участок исследования, горные отводы рудников, блоковая модель породной толщи, геодинамические события:**  
 эпицентр землетрясения 9.10.1997 г. скважины разломные зоны  
 провалы на земной поверхности

мание концентрации локальных геофизических аномалий в зоне пересечения Косевского разлома с Н.-Зырянским и с диагональным разломом направления «юго-запад – северо-восток». Особенности геофизических полей в области узла пересечения 3-х разломов указывают на интенсивные деструктивные процессы, происходившие в геологической среде и позволяют сделать предположение о её современной активности в этой области.

Анализ данных морфометрических и дистанционных съёмок [6, 12, 13] совместно с геофизиче-

скими данными позволил установить, что

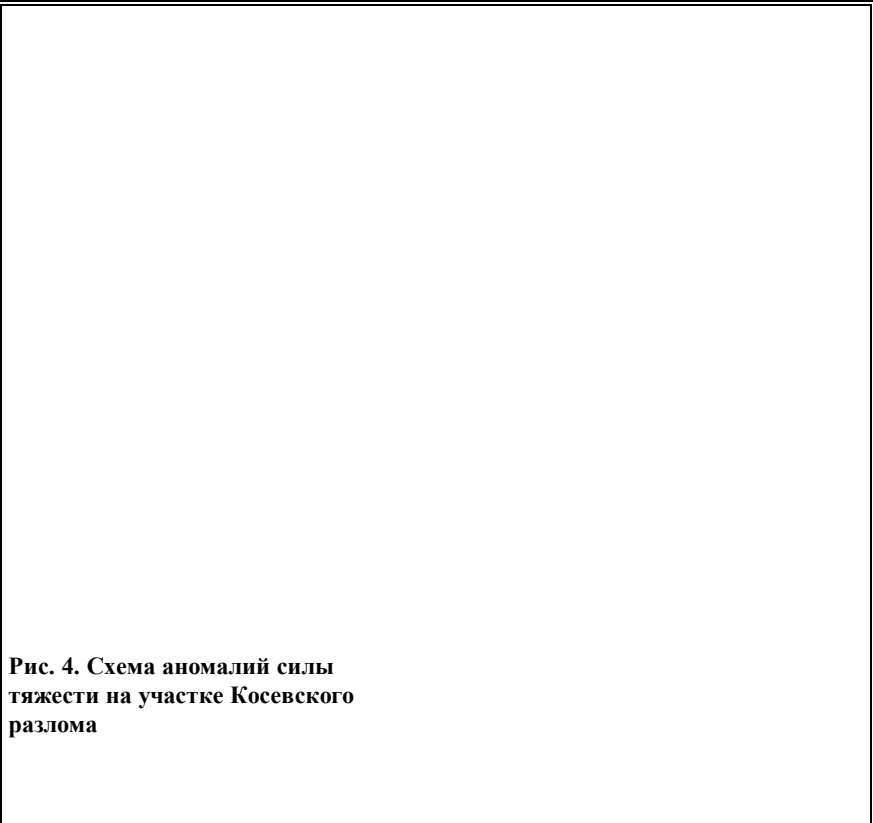
- ОДВ Косевского разлома практически по всей его длине четко сопровождается линейными элементами разного порядка при доминировании системы северо-западного простирания и сгущении линейных элементов в зонах пересечения Косевского разлома с другими;

- Косевской разлом находит отчётливое отражение в распределении морфотрещиноватости, особенно в узле пересечения с Н.-Зырянским разломом;

- по кинематическому типу Косевской разлом относится к «сбросо-сдвигам», при этом не исключено, что сдвиговые движения по нему происходили в новейшем этапе развития, включая настоящее время.

В пользу последнего предположения говорят следующие факты.

- На пересечении Н.-Зырянского и Косевского разломов, интерпретируемых как «дизъюнктивные нарушения в пределах верхнепермских и, возможно, нижнепермских отложений» [10], находится эпицентр землетрясения, которое было заре-



**Рис. 4. Схема аномалий силы тяжести на участке Косевского разлома**



**Рис. 3. Карта магнитного поля на участке Косевского разлома**

гистрировано 09.10.97 г. всеми

сейсмостанциями Уральского региона, а толчки от которого интенсивностью 4-5 баллов ощущались в различных районах г. Березники.

- В ОДВ Косевского разлома зафиксирован факт порыва водопровода на территории шахтного поля Второго Березниковского рудника.

- Направление Косевского разлома совпадает с направлением перемещения Евразийской плиты с северо-запада на юго-восток и с направлением действия максимальных сжимающих напряжений в литосфере Уральского региона [11].

Таким образом, на участке исследований наиболее опасным направлением в геодинамическом плане является направление Косевского разлома (северо-запад – юго-восток), а наиболее опасным участком – узел пересечения трёх разнонаправленных разломов на шахтном поле Второго Березниковского рудника.

В качестве геологического подтверждения Косевского разлома как зоны повышенной трещиноватости пород приведём некоторые данные по скважинам детальной геологической разведки в ОДВ разлома (см. рис. 3 и 4).

- В скв. 125 в пласте маркирующей глины (МГ) на глубине  $H = 347-349$  м и в подстилающей каменной соли на глубине  $H = 373$  м отмечены *битуминозные породы*.

- В скв. 199 в интервале глубин  $H = 45-150$  м (СМТ) встречаются брекчированный мергель и «мергелистый конгломерат», установлены зеркала скольжения в надсолевой толще, отмечена битуминозность пород в МГ на глубине  $H = 403-405$  м.

- В скв. 207 отмечены зеркала скольжения в СМТ на глубине  $H = 162-176$  м и значительный по мощности интервал разрушенных пород.

Таким образом, в качестве исходной блоковой модели породного массива на участке исследований может быть принята схема, показанная на рис. 1. Все линейные структуры следует интерпретировать как внутривблоковые разломы, кото-

рые контролируют структурно-фациальные неоднородности в осадочном чехле. Вопрос о генезисе и степени активности разломных зон остаётся пока открытым.

По классификации ВНИМИ [2] диагональный Косевской разлом

можно отнести к IV рангу, все остальные на рис. 1 – к V-ому.

Блоковая модель породной толщи на участке исследований должна в дальнейшем уточняться в рамках геодинамического мониторинга геологической среды.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Константинова С.А. Цель и задачи системы геодинамического мониторинга геологической среды Верхнекамского региона // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ. – 2000. - №8. – с. 134-135.
2. Петухов И.М., Батугин И.М. Геодинамика недр. – М.: Недра. – 1999. – 287 с.
3. Константинова С.А., Чернопазов С.А. Оценка техногенных напряжений и энергии возмущений в области геодинамического опорного давления при разработке пластового калийного месторождения // Геомеханика в горном деле – 2000. – Докл. междунар. конф. 23 мая – 2 июня 2000 г. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2000. – с. 180-188.
4. Филатов В.В., Кассин Г.Г., Попов Б.А. Геофизические исследования на Верхнекамском месторождении калийно-магниевого солей // Изв. вузов. Горн. журн. – 1995. - №6. – с. 150-161.
5. Сигов А.П. Основные черты геоморфологии Урала // Материалы по геоморфологии и новейшей тектоники Урала и Поволжья. – Вып. 1. Уфа. – 1962.
6. Структурно-геоморфологические особенности северо-востока Пермской области / Отчёт о НИР. – Руков. Н.В. Введенская. – Пермь: ППИ. – 1989.
7. Карта фактического материала гелиевых исследований / Отчёт о НИР. – Руков. В.Н. Башорин. – Свердловск: Зеленогорская экспедиция, партия №75. – 1974.
8. Роль и соотношение эндогенных, экзогенных и техногенных процессов в негативных явлениях на Верхнекамском месторождении калийно-магниевого солей / Константинова С.А. и др. // Геомеханика в горном деле – 2000. (Докл. междунар. конф. 23 мая – 2 июня 2000 г.) – Екатеринбург: УрО РАН. – 2000. – с. 274-287.
9. Шерман С.И. Разломообразование в литосфере. Зоны сдвига. Новосибирск: Наука. – СО РАН. – 1991.
10. Маловичко А.А., Кустов А.К., Шулаков Д.Ю. Землетрясение в районе Второго Березниковского пруда 9 октября 1997 г. // Горные науки на рубеже XXI века. – Екатеринбург: УрО РАН. – 1998. – с. 165-171.
11. Зубков А.В., Липин Я.И., Гуляев А.К. Напряжённое состояние верхней части земной коры Урала и тектоническое развитие региона // ФТПРПИ. – 1996. - №4. – с. 61-68.
12. Геоиндикационное дешифрирование комплекса материалов дистанционных съёмок Верхнекамского месторождения калийных солей / Отчёт о НИР. – Руков. Ю.А. Левицкий. – Свердловск: Уралгеолком. – 1989.
13. Геологическое доизучение масштаба 1:50000 Верхнекамской площади (ГПД-90) / Отчёт о НИР. – Руков. Т.В. Харитонов, В.В. Оборин. – Пермь: Пермгеолком. – 1992.

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Константинова Светлана Александровна* – доктор технических наук, профессор, зав. лаб. геодинамической безопасности ОАО «Галургия», г. Пермь.

*Кассин Геннадий Григорьевич* – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры структурной геофизики Уральская государственная горно-геологическая академия, г. Екатеринбург.

*Глебов Сергей Валерьевич* – инженер-геофизик ОАО «Уралкалий», г. Березники.