

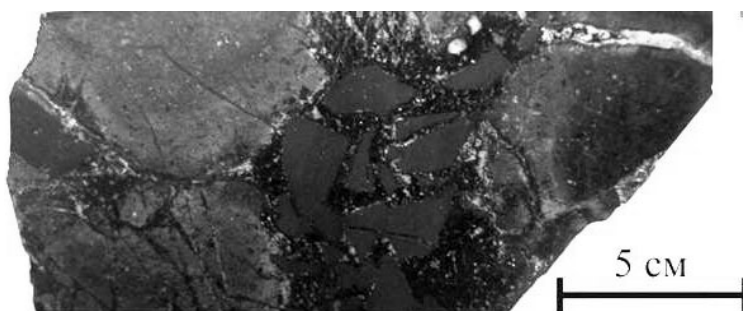


Фото 5. Максовит с брекчированной антраксолитовой жилой.
Тетюгино

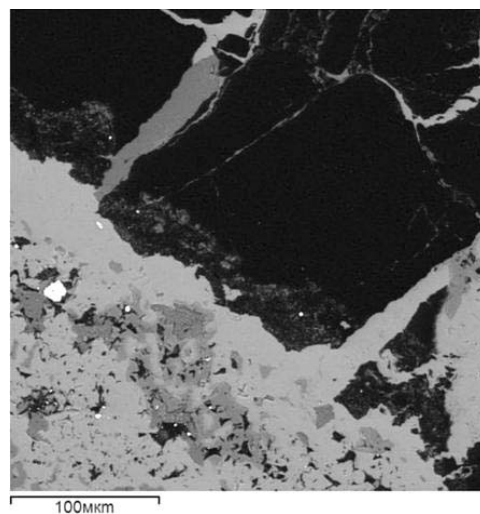


Фото 6. Жила антраксолита в доломите.
Тетюгино

Предположение о связи брекчирования перекрывающих купол пород с развитием диапировой структуры подтверждается, тем фактом, что интенсивность процесса затухает по мере удаления от центра купола. Брекчии, таким образом, являются следствием массового эпигенетического перераспределения ОБ за счет миграции УВ из купольных структур. Аналогом формирования брекчий участка Тетюгино являются битумные месторождения Аргентины и США [8, 9].

Собранные и проанализированные материалы позволяют утверждать, что существует широкое генетическое разнообразие шунгитоносных брекчий людиковийского надгоризонта, отличающихся, как литологическими характеристиками, так и механизмом брекчирования. Среди них впервые выделены и описаны автокластические разновидности, образование которых является следствием катагенеза первичного ОБ; а также брекчии, связанные с основными этапами формирования купольных структур максовского типа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьева Е. Н. Пространственно временные соотношения постседиментационных геологических процессов на Зажогинском месторождении // Органическое вещество шунгитоносных пород Карелии (генезис, эволюция, методы изучения)/Под ред. М. М. Филиппова, А. И. Голубева. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1994. С. 98-103.
2. Горлов В. И., Калинин Ю. К., Иванова И. Е. Разработка технологии и геологическое изучение шунгитовых пород как комплексного сырья. Петрозаводск. 1967. Фонды КарНЦ РАН. Отчет по теме № 30. 243 с.
3. Михайлов В. П., Купряков С. В. Отчет о результатах детальной разведки Юго-Восточной (Максовской) залежи Зажогинского месторождения шунгитовых пород за 1982-1985 гг.: Фонды СЗТГУ. Петрозаводск, 1985.
4. Петтиджон Ф. Дж. Осадочные породы. М., 1981. 751 с.
5. Рычанчик Д. В., Ромашкин А. Е. Особенности внутреннего строения Максовской залежи шунгитовых пород // Угле-родсодержащие формации в геологической истории. Тр. Междун. симпоз. 1998 г. Петрозаводск, 2000. С. 73-79.
6. Филиппов М. М. Шунгитоносные породы Онежской структуры. Петрозаводск. 2002. 277 с.
7. Фирсова С. О., Шатский Г. В. Брекчии в шунгитовых породах Карелии и особенности их генезиса // ДАН СССР. 1988. Т. 302. С. 177-180.
8. Швецов М. С. Петрография осадочных пород. М. 1958. 415 с.
9. Parnell J., Carey P. F. Emplacement of bitumen (asphaltite) veins in the Neuquen basin, Argentina // AAPG Bulletin. 1995. V. 79. № 12. P. 1798-1815.
10. Verbeek E. R., Grout M. A. Geometry and structural evolution of gilsonite dikes in the eastern Uinta basin, Utah // U. S. Geological survey bulletin. 1993. № 1787. P. 1-42.

ОЦЕНКА МАГНИТУДНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПУНКТОВ РЕГИСТРАЦИИ АРХАНГЕЛЬСКОЙ СЕТИ

Французова В.И.¹, Николаев А. В.², Морозов А.Н.¹

¹Институт экологических проблем Севера УрО РАН, г. Архангельск, vif@atnet.ru

²Институт физики Земли РАН, г. Москва, nikavs@ifz.ru

Известно, что инструментальная оснащенность зарубежных Фенноскандинавских сетей чрезвычайно высока, их количественное соотношение с Российскими, функционирующими на Северо-западе, показывает недостаточную обеспеченность сейсмологических исследований, проводимых на Европей-

ском Севере России, качественным материалом [1]. Наряду с этим нарастание в последнее время техногенных воздействий на геодинамику геологической среды увеличивает сейсмический риск территории Архангельской области, насыщенной огромным количеством экологически опасных объектов, что требует создания систем сейсмического контроля за этими процессами и проведения на их основе сейсмониторинга территории региона.

Проблема сейсмического контроля включает в себя несколько частных задач, из которых первоочередной является регистрация сейсмических событий. При этом предъявляются специфические требования к аппаратуре, организации сети станций, методике обработки данных. При организации сети наблюдений важно оценить эффективность регистрации сейсмических событий, зависящей как от мест установки станций (геологических условий под станциями), конфигурации сети относительно регистрируемых событий, так и от наличия (интенсивности) микросейсмического фона, рассматриваемого как помеха (соотношения сигнал-помеха), что, в конечном счете, отражается на качестве записи и возможности их интерпретации.

Перечисленное важно для сейсмических записей, поскольку форма конкретного сейсмического сигнала известна с большим приближением, сейсмическая энергия распределена в относительно широком частотном диапазоне, момент возникновения события неизвестен, геологическая среда, в которой распространяются сейсмические волны, неоднородна.

Проблема разработки теоретических и методических основ оценки магнитудной чувствительности пунктов регистрации сейсмических событий, а именно магнитудой оценивается энергия этих событий, возникла в 60-е и была решена в 80-е годы прошлого столетия в связи с необходимостью идентификации ядерных взрывов сейсмическими методами [2].

Эта технология использована нами для оценки эффективности регистрации станциями, организованной в 2004-2007 гг. Архангельской сети сейсмических наблюдений.

Стоит заметить, что в отличие от качественной оценки магнитудной представительности регистрации сетью телесейсмических и региональных землетрясений из разных зон мира, проведенной нами ранее [3], в настоящем сообщении представлены результаты расчетов кривых магнитудной чувствительности отдельно по станциям и, в целом, по сети в зависимости от эпицентрального расстояния и азимута подхода сейсмических волн к станции.

Суть методики заключается в построении для набора эпицентральных расстояний и азимутов кривых магнитудной чувствительности для каждой из станций, определяемой по значениям магнитуд с 50% ($P=0.5$) доверительным уровнем.

Таким образом, задача сводится к построению графика функции $m = m_{0.5}(\Delta, Az)$, где $m_{0.5}$ – значение магнитуды события с вероятностью $P=0.5$ обнаружения его на записи, Δ – эпицентральное расстояние в км, Az – азимут прихода сейсмической волны.

Кривая обнаружения $P = P(m, \Delta)$ контролируется вероятностью регистрации сейсмической станцией событий с магнитудой m на эпицентральных расстояниях Δ .

Кривые чувствительности и обнаружения позволяет оценить вероятность обнаружения события при заданных m , Δ и Az . Данные кривые могут являться своеобразным паспортом сейсмической станции.

Расчеты функций $m = m_{0.5}(\Delta)$ и $m = m_{0.5}(\Delta, Az)$ проведены для станций Климовская (KLM), Пермогорье (PRG), Тамица (TMC), Архангельск (ARH), оснащенных широкополосной и короткопериодной цифровой аппаратурой фирмы “Геотех+” [4].

Построение кривых чувствительности проводилось по данным каталогов землетрясений, зарегистрированных на указанных станциях, за трехгодовой цикл наблюдений, что позволило учесть средний уровень помех с равным весом для всех сезонов года. Следует заметить, что в подборке данных по станциям присутствовали пробелы регистрации сейсмических событий по причине технологических сбоев, что сказалось, возможно, на некотором снижении качества полученных данных.

Рассматривались землетрясения с глубиной до 70 км во избежание поправок за учет глубины. Шаг по эпицентральному расстоянию равнялся 200 км, а по азимуту – 20°. Для оценки величины $m_{0.5}$ станционные каталоги сравнивались с каталогами Геофизической Службы РАН. Кривые магнитудной чувствительности представлены на рис.1.

Графики (рис.1) позволяют уточнить чувствительность разных станций для сейсмических событий, регистрируемых на разных эпицентральных расстояниях; которая характеризуется следующим уровнем минимальных магнитуд для разных расстояний Δ : $\Delta_1 = 800-3000$ км и $\Delta_2 > 9000$ км значения $m_{0.5}$ равны соответственно на с/с KLM – 3.7-4.25, 5.0-5.9; на с/с PRG – 3.7-4.1, 4.9-5.8; с/с TMC 4.2-4.8, 5.4-6.0; с/с ARH – 4.9, 5.4-6.1. Для $\Delta = 8000-9000$ км – для с/с KLM $m_{0.5} = 4.8-5.2$; PRG – 4.9-5.6; TMC – 5.2-5.8.

Максимальная магнитудная чувствительность отмечается для с/с KLM и PRG на региональных расстояниях ($\Delta \leq 2000$ км) в пределах значений 3.7-4.0, т.е. в этом диапазоне эпицентральных расстояний магнитудная представительность всей сети равна 4.0, что отмечалось ранее [3].

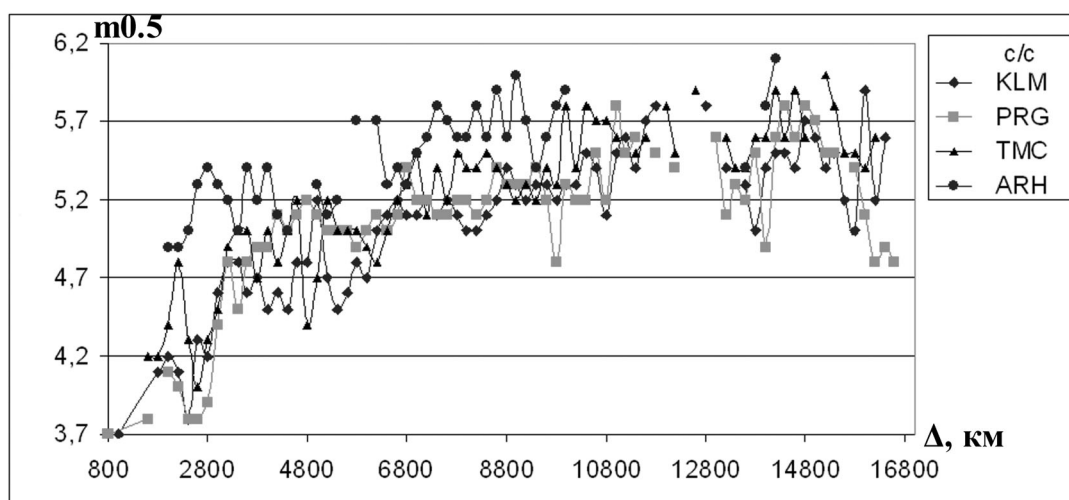


Рис. 1. Кривые магнитудной чувствительности сейсмических станций Архангельской сети

На кривых чувствительности наблюдаются флуктуации кривой магнитудной чувствительности, оценки которых для разных Δ даны в табл. 1. Анализ данных табл. 1 показывает, что наиболее значительные флуктуации $\delta m_{0.5}$ наблюдаются в ближней зоне ($\Delta \leq 3000$ км), где они меняются в диапазоне 0.18-0.31, менее значительная – в дальней зоне ($\Delta > 10000$ км), где их значения варьируются в пределах 0.18-0.25, наименьший разброс $\delta m_{0.5}$ характерен для средних расстояний – вариации в интервале 0.09-0.20.

Таблица 1

Флуктуации значений $m_{0.5}(\Delta)$ для станций Архангельской сети

Сейсмические станции					
KLM		PRG		TMC	
Диапазон эпицентральных расстояний, км	$\delta m_{0.5}$	Диапазон эпицентральных расстояний, км	$\delta m_{0.5}$	Диапазон эпицентральных расстояний, км	$\delta m_{0.5}$
1000-2800	0.18	800-2800	0.30	1600-5400	0.31
3000-6000	0.13	3000-9400	0.12	5600-10800	0.20
6200-10200	0.09	9600-16600	0.25	11000-16200	0.14
10400-16400	0.18				

Площадное распределение $m_{0.5}(\Delta, Az)$ показано для двух с/с KLM и TMC на картах (рис.2а,б), результаты расчета $m_{0.5}(\Delta, Az)$ сведены в табл. 2.

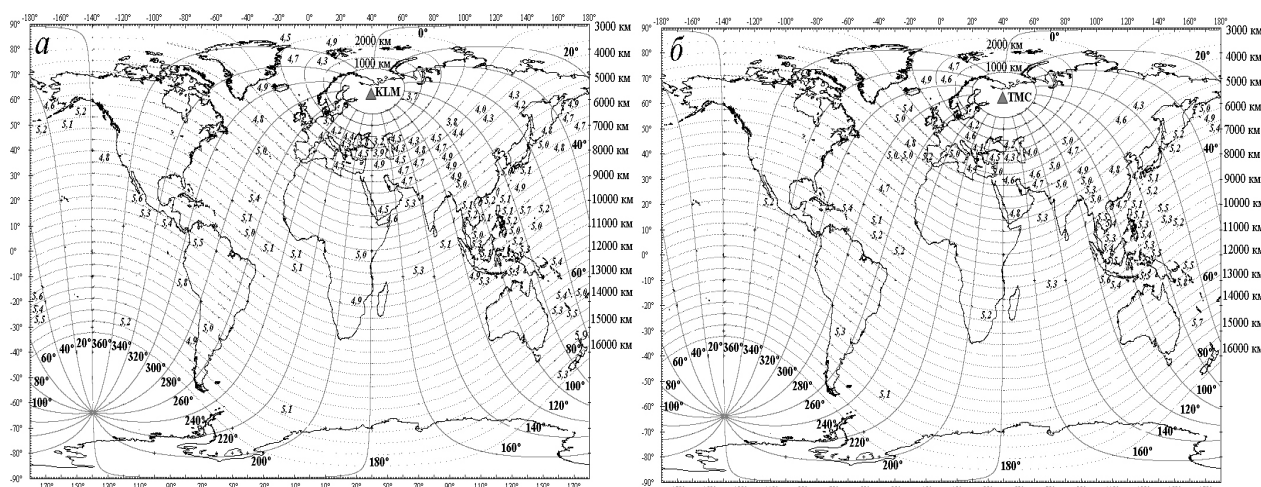


Рис.2. Карта распределения функции $m_{0.5}(\Delta, Az)$ в зависимости от эпицентрального расстояния и азимута подхода сейсмических волн для сейсмических станций: а – KLM; б – TMC

Таблица 2

Значения магнитудной чувствительности $m_{0.5}(\Delta, Az)$ на станциях Архангельской сети

Эпицентральное расстояние, км	Диапазон регистрируемых $m_{0.5}$							
	с/с KLM $Az, ^\circ$		с/с PRG $Az, ^\circ$		с/с TMC $Az, ^\circ$		с/с ARH $Az, ^\circ$	
	0-180	180-360	0-180	180-360	0-180	180-360	0-180	180-360
2000	3.7	4.3	—	—	—	4.2-4.7	—	4.8
3000	3.2-4.5	3.8-4.9	3.8-4.7	4.1-4.8	4.0-4.3	4.1-4.9	4.8-4.9	4.4-5.0
4000	3.8-4.9	4.5-4.9	4.6-4.9	4.6-4.9	4.6-5.0	4.4-5.4	5.0-5.2	5.4
5000	4.2-4.9	4.8	4.6-4.8	5.0	4.3-5.0	4.8-5.2	4.8	—
6000	4.6-5.3	5.0	4.8-5.0	4.8-5.2	4.8-5.3	5.0	5.7	—
7000	4.7-5.1	4.6-5.2	4.3-5.2	4.8-5.2	4.8-5.4	4.7	5.1-5.7	—
8000	4.8-5.2	5.1-5.4	4.8-5.1	5.1	4.7-5.4	—	5.4-5.9	5.2-5.4
9000	5.0-5.7	4.8-5.1	4.7-5.3	4.9	5.1-5.5	5.1-5.4	5.6-5.7	—
10000	4.9-5.2	4.9	5.1-5.6	5.0-5.2	5.2-5.6	5.2	5.4-5.7	—
11000	5.3	5.3-5.6	5.4-5.5	4.8-5.1	5.4-5.5	—	5.5-5.9	—
12000	5.4	—	5.6	5.7	5.5	—	—	—
13000	—	5.8	5.3-5.4	—	5.8	—	6.0	5.8
14000	5.0-5.4	5.0	4.9-5.7	5.2	—	5.3	—	5.3
15000	5.5	4.9-5.6	—	5.1-5.8	5.7	5.1	6.0	—
16000	5.9	5.2-5.5	5.9	5.1-5.2	—	—	—	—

Анализ карт и табл.2 помогает получить представление о возможностях регистрации конкретной станцией землетрясений из разных эпицентральных зон. Отметим следующие закономерности в распределении магнитудной чувствительности $m_{0.5}(\Delta, Az)$:

- значения плавно возрастают с увеличением Δ в пределах всего рассматриваемого диапазона Az ($0^\circ - 360^\circ$), однако, их величины для всех станций меньше в пределах азимутального створа $0^\circ - 180^\circ$, т.е. минимальный порог магнитуд, с которых все станции регистрируют землетрясения из эпицентральных зон, находящихся восточнее станций сети, на 0.6-0.7 единиц меньше, чем для зон, находящихся западнее сети;
- наименьшие значения $m_{0.5}(\Delta, Az)$ отмечаются для с/с KLM, особенно в азимутальном створе $Az = 0^\circ - 180^\circ$, где чувствительность станции определяется минимальными значениями магнитуды 3.7-4.0;
- всеми станциями наилучшим образом регистрируются землетрясения с $M=5.0$ практически во всем диапазоне эпицентральных расстояний ($\Delta = 3000-17000$ км); станций сети, однако в пределах региональных расстояний ($\Delta < 3000$ км) регистрируются сейсмические события с $M = 4.0$;
- для землетрясений из эпицентральных зон, находящихся западнее ($Az = 180-360^\circ$), наблюдаются случаи повышения уровня чувствительности, что может свидетельствовать о наличии каналов, благоприятных для распространения сейсмических волн, например, для с/с KLM таких каналов два ($\Delta = 8000-9000, 13000-15000$ км), для с/с PRG они наблюдаются на $\Delta = 9000-10000$ км и $13000-17000$ км.

Таким образом, расчеты функции $m_{0.5}(\Delta)$ и $m_{0.5}(\Delta, Az)$ позволили оценить магнитудную чувствительность четырех станций Архангельской сети и выявить её пространственное распределение при регистрации телесейсмических и региональных землетрясений мира для разных диапазонов эпицентральных расстояний и азимутов, и уточнить данные технических параметров регистрации этих станций.

Установлена большая чувствительность станции KLM, особенно для эпицентральных зон, находящихся в азимутальном створе $0^\circ - 180^\circ$, что объясняется наличием на этой станции двух комплектов (широкополосной и короткопериодной) аппаратуры, благоприятными геологическими условиями под станцией и меньшим техногенным воздействием на геологическую среду в пределах станции.

Аналогичная работа для остальных станций сети, оснащенных аппаратурой с другими характеристиками, будет продолжена, что позволит сформировать компьютерную базу данных о характеристиках сейсмической сети, столь необходимую при разработке методики проведения сейсмомониторинга на территории Архангельского региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юдахин Ф.Н., Французова В.И. Сейсмическая сеть наблюдений – основа геодинамического мониторинга территории Архангельской области // Активные геологические и геофизические процессы в литосфере. Методы, средства и результаты изучения: Матер. двенадцатой межд. конф. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2006. Т.2, С.288-293.
2. Аксенович Г.И., Антонова Л.В., Аптикаев Ф.Ф., Нерсесов И.Л., Николаев А.В., Ситников А.В., Трегуб Ф.С., Халтурин В.И. Отчет комплексной сейсмологической экспедиции ИФЗ АН СССР «Талгар», 1988. 98с.
3. Французова В.И., Габсатрова И.П., Ваганова Н.В., Захарова И.В. Оценка чувствительности сейсмических станций Архангельской сети при регистрации телесейсмических землетрясений Арктического региона // Строение, геодинамика и минерогенические процессы в литосфере: Матер. одиннадцатой межд. научной конф. Сыктывкар: Геопринт, 2005. С. 358-361.

4. Юдахин Ф.Н., Старовойт О.Е., Французова В.И., Мехрюшев Д.Ю. Создание Архангельской сейсмической сети // Геодинамика и геологические изменения в окружающей среде Северных регионов: Матер. Всероссийской конфер. с междунар. участием. Архангельск: ИЭПС УрО РАН, 2004. Т. II. С. 414-418.

5. Французова В. И., Ваганова Н.В. Обобщение результатов мониторинга, проводимого Архангельской сетью сейсмических наблюдений // «Современные методы обработки интерпретации сейсмологических данных»: Материалы Второй междунар. школы Пермь: 2007, С. 189-193.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПОВ НАДВИГООБРАЗОВАНИЯ ПРИ СЖАТИИ ФЛИШЕВОГО КОМПЛЕКСА УКРАИНСКИХ КАРПАТ

Фурман В.В., Хомяк Л.Н., Хомяк Н.Н.

Львовский национальный университет имени Ивана Франко, г. Львов, Украина, fourman@franko.lviv.ua

Тектонические покровы – типичные структурные единицы для многих подвижных поясов, которые прошли этап конвергентного развития. Они характерны для Альпах, Карпатах, каледонидах Скандинавии, Скалистых горах Канады, на Урале и других регионах земной коры.

Объектом исследования в данной работе выбраны покровы украинского сектора Карпат. Механизм образования и динамические условия важны для объяснения таких геологических структур и остаются среди дискуссионных вопросов [4, 6]. Современное строение отражает результат преимущественно последних стадий процесса деформирования, которые длились миллионы лет. Для выяснения причин и факторов возникновения складчато-надвиговых дислокаций нужно изучать предпосылки, которые существовали во время зарождения и становления этих структурных ансамблей. Кроме методов полевой тектонофизики и палеотектонических реконструкций [1, 3], также используют методы механики сплошных сред [5, 7]. Компьютерное моделирование на базе метода конечных элементов [8, 9] используется для теоретического изучения напряженно-деформированного состояния участков земной коры во время зарождения надвиговых структур.

Первые покровы Украинских Карпат сформировались в конце раннемеловой эпохи. В латеральном профиле на это время из северо-востока на юго-запад можно выделить пассивную окраину Восточно-Европейской платформы, которая переходит в подфлишевый фундамент, и осадочный бассейн, ограниченный с юга блоком континентальной коры (Мармарошский массив). Геотектоническая ситуация определялась конвергентным взаимодействием подфлишевого фундамента и континентального блока, что порождало надвиговые дислокации в осадочном наполнении близлежащей части бассейна. В дальнейшем происходило сжатие флишевого комплекса и миграция фронта надвигообразования в сторону платформы.

Цель данного исследования заключается в изучении динамических факторов (поля напряжений) и деформаций, которые сопровождают сжатие осадочных толщ во время зарождения надвиговых структур.

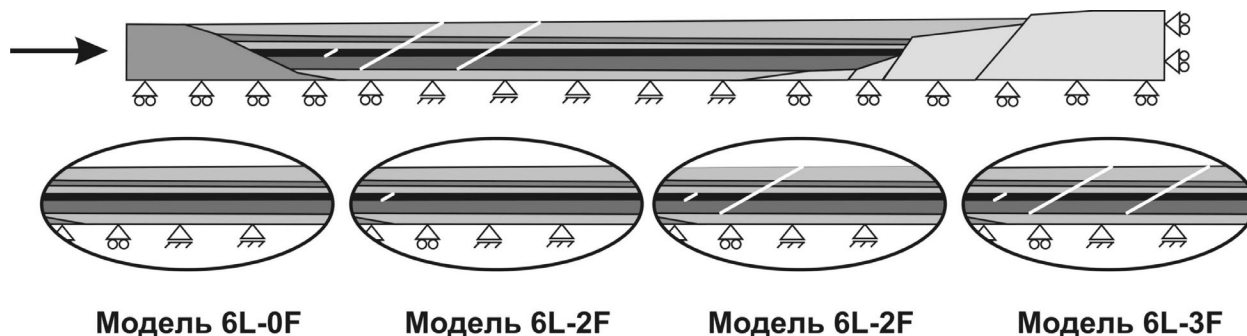


Рис. 1. Расчетные модели с разным количеством разломов

Базовая модель (рис. 1) строится на основе сведений о геологическом строении региона. Она имеет необходимые упрощения и представлена тремя составными частями. Два активных элемента – это край платформы, который по системе сбросов переходит в фундамент подфлишевого ложа (справа на модели) и блок континентальной коры (слева) как аналог массивов Внутренних Карпат (в частности, Мармарошского массива) [2]. Между ними – слоистый комплекс, который соответствует осадочному наполнению флишевого бассейна мелового возраста. Слоистый комплекс представлен шестью макрослоями, которые имеют разные физико-механические параметры, разную мощность и относятся отдельным стратиграфическим уровням в разрезе Украинских Карпат. Они моделируют структуру с компетентным средним слоем, мягкими пластичными нижними и хрупкими верхними слоями.