

Львівський державний університет
імені І. Франка

на правах рукопису

ШЕВЧУК ВІКТОР ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 551.240:552.11 /571.55/

ГРАНІТОЇДИ ОБЛАСТЕЙ МЕЗОЗОЙСЬКОЇ ОРОГЕННОЇ АКТИВІЗАЦІЇ І
МЕХАНІЗМИ МАГМАТОГЕННОГО СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ
/на прикладі Східного Забайкалля/

Спеціальність - 04.00.01 -
загальна і регіональна геологія

Автореферат
дисертації на здобуття вченого ступеню
доктора геолого-мінералогічних наук

Львів - 1994

46 31, 612



00756209 (T)

Робота виконана на кафедрі загальної геології Львівського державного університету ім. Ів. Франка.

Офіційні опоненти: член-кореспондент РАН,
 доктор геолого-мінералогічних наук
 І.М. Томсон /ІГЕМ, м. Москва/
 академік АН Вищої школи України,
 доктор геолого-мінералогічних наук
 професор В.П.Кирилюк /Університет, м. Львів/
 доктор фізико-математичних наук
 Я.В.Федорин /апарат Кабінету
 Міністрів України, м. Київ/

Провідна установа - Інститут геологічних наук АН України /м. Київ/.

Захист дисертації відбудеться "25" січня 1995 р.
 о 12 год. на засіданні спеціалізованої ради Д.068.26.01
 при Львівському державному університеті ім. Ів. Франка.
 Адреса: 290005, м. Львів, вул. Грушевського, 4,
 геологічний факультет.

З дисертацією можна ознайомитись у науковій бібліотеці університету.

Автореферат розіслано "15" грудня 1994 р.
 ЛННБ ім. В. Стефаніка
 АН України

Вчений секретар
 спеціалізованої ради
 кандидат геол.-мін. наук

С.М. Сливко

ВСТУП

Актуальність теми. В останні десятиріччя геологічна наука збагатилась уявленнями про тектоно-магматичну активізацію, яскравими проявами якої є своєрідний бриловий тектогенез, позагеосинклінальний гранітоїдний магматизм і різноманітне зруденіння. Різновіковою активізацією охоплені крупні геотектонічні структури, в тому числі Український щит. Її прояви мезозойського віку фіксуються, зокрема, на величезних просторах Тихоокеанського рухливого поясу. Розміщення в межах останнього вулканічних і гранітоїдних поясів та зв'язаних з ними численних родовищ вольфраму, молібдену, золота, ртуті, сурьми, флюориту та інших копалин здавна привертає до себе увагу дослідників.

В комплексі геологічних і металогенічних проблем областей орогенної активізації важливе місце займають проблеми походження гранітоїдних комплексів, тектонічних умов їх формування і магматогенного структуроутворення, в зв'язку з формуванням структур рудних полів і родовищ. В свою чергу, реконструкція механізмів структуроутворення неможлива без знання напружено-деформівного стану геологічних середовищ з еволюціонуючими рудно-магматичними системами.

В роботі робиться спроба комплексного вирішення питань гранітоїдного петрогенезису і магматогенного структуроутворення з врахуванням їх природнього взаємозв'язку, так виразно проявленого у Східному Забайкаллі – базовому районі проведення досліджень. В роботі розвивається перспективний науковий напрямок – механіко-математичне моделювання геологічних процесів і структур, результати якого сприяють аргументації геологічних положень.

Головна мета роботи – розробка моделі орогенного магматизму Східного Забайкалля, з'ясування взаємозв'язку гранітоїдного петрогенезису і корового структуроутворення та аргументація механізмів формування магматогенних структур.

Основні завдання роботи : 1/ встановлення головних етапів формування багатоярусної структури Східного Забайкалля та місця серед них пізньомезозойського тектогенезу; 2/ виділення головних генетичних типів орогенних гранітоїдів та з'ясування їх розповсюдженості в межах Тихоокеанського орогенного поясу; 3/ встановлення взаємозв'язку різнотипного гранітоїдного петрогенезису і деформаційних процесів; 4/ з'ясування динамічних умов формування елементів структурного парагенезису граніто-гнейсових куполів

і структур центрального типу на основі їх математичного моделювання; 5/ розробка математичних засобів для розрахунків теплових полів, полів напружень і деформацій в пружних і пружно-пластичних середовищах.

Наукова новизна :

1. Запропонована суттєво оновлена концепція тектонічного розвитку Східного Забайкалля, яка базується на визначальній ролі системи Монголо-Охотського глибинного розлому та елементів Східно-Забайкальської древньої брили, в тому числі на етапі мезозойської орогенної активізації.

2. Розроблена нова модель орогенного гранітоутворення на основі взаємодії глибинних флюїдів з коровими субстратами при формуванні гранітоїдів плутонометаморфічних асоціацій та флюїдно-магматичної взаємодії з утворенням метамагматичних гранітоїдів. Показано тектонічний контроль за синхронізованим в часі різнотипним гранітоутворенням.

3. Розвивається новий науковий напрямок - механіко-математичне моделювання тектонічних структур. Вперше отримано серію розрахунків полів напружень та деформацій в пружних і пружно-пластичних середовищах, викликаних масовими силами та зовнішніми впливами на границях систем.

4. На основі математичного моделювання встановлена закономірність, яка полягає в інверсії літосферних полів напружень під впливом теплових аномалій і об'ємних ефектів плутонометаморфізму.

5. З'ясовано тектонофізичні умови формування структурного парагенезису граніто-гнейсових куполів і структур центрального типу з магматичними ядрами. Якісно і кількісно оцінені різні фактори структуроутворення.

Положення, що захищаються :

1. Пізньомезозойський орогенез, який визначає сучасну структуру ряду регіонів Тихоокеанського рухливого поясу, мав у Східному Забайкаллі успадковано-накладений характер і відбувався у дві стадії: брилову амагматичну та скелінно-брилову вулканоплутонічну. Головними структурами, які контролювали орогенні процеси, виступали система Монголо-Охотського глибинного розлому та фрагменти древньої Східно-Забайкальської брили.

2. Пізньомезозойський орогенез у Східному Забайкаллі позначився синхронним розвитком гранітоїдів двох генетичних типів,

які входять до складу вулканоплутонічної та плутонометаморфічної асоціацій і формувалися в межах структур різної проникливості. Інрузивні тіла, складені гранітоїдами першого типу, контролювалися високонеклиливими розломними системами в усіх геоструктурних елементах Тихоокеанського рухливого поясу, в той час як утворення автохтонних батолітів із структурою граніто-гнейсових куполів відбувалося виключно в межах геосинклінальних складчастих систем, в напівпроникливих зонах з роздібленою древньою континентальною корою, частково перекритою малопотужним чохлам.

3. Походження гранітоїдів обох генетичних типів пов'язане з одними й тими ж потоками глибинних теплоносіїв /флюїдів/, вплив котрих на різновікові метаморфічні і теригенно-вулканогенні утворення субстрату призводить до формування суттєво автохтонних палінгенно-метасоматичних гранітоїдів, а їх взаємодія з вихідними магмами різних глибин - метамагматичних утворень з інрузивними формами залягання.

4. Граніто-гнейсові куполи активізованих складчастих систем - структури полігенні, ранні елементи їх структурного парагенезису формувались в інверсійних полях напружень із субвертикальною орієнтацією осей мінімальних стискуючих /розтягуючих/ напружень, викликаних тепловими аномаліями і процесами плутонометаморфізму, а пізні - пов'язані з прогресуючим діаліризмом та підняттям консолидованих плутонів.

5. Багатофазні інрузиви метамагматичних комплексів, які виконують роль активних ядер, ініціюють утворення структур центрального типу з послідовним розвитком радіально-кілецевого розривного парагенезису, що містить потенційно рудовміщуючі структури. Інтенсивність розвитку та геометрія віртуальних тріщинних систем, за даними математичного моделювання, першочергово залежать від поведінки магматичних ядер, зовнішніх силових впливів та глибини ерозійного зрізу.

Фактичний матеріал для написання дисертації зібраний автором при проведенні тематичних та геологозйомочних робіт у Східному Зейбайкаллі і південній частині Станової зони в 1968-1980 та 1984-1991 р.р. Використані літературні джерела по геологічних умовах формування, петрографічних, структурних і генетичних особливостях мезозойських гранітоїдів Тихоокеанського рухливого поясу, а також колекції зразків і шліфів з Верхояння, Примор'я і Монголії.

Збирання польових матеріалів здійснювалось на основі геолого-структурного картування. Спільно з Ю.Ф.Мисником складена геологічна карта Пришилкінської рухливої зони масштабу 1: 200 000, а також серія крупномасштабних карт деяких районів, структурні і петрографічні профілі, схеми кореляції стратиграфічних розрізів, схеми послідовності деформаційних і петрогенних процесів. В ході робіт велика увага зверталась на вивчення крихких і пластичних деформацій в системі Монголо-Охотського глибинного розлому та в магматогенних структурах. Проводилась документація керну та гірничих виробіток, різні види опробування.

Методика досліджень включала в себе, поряд з традиційними методами систематичного вчення стратиграфії, магматизму і тектоніки, прийоми порівняльного формаційного і структурно-парагенетичного аналізу, методи польової тектонофізики, дешифрування космосаерофотознімків.

Серед лабораторних робіт, спрямованих на вивчення петрографічного складу порід, їх хімізму, фізико-хімічних і динамічних умов формування, важливе місце зайняли мікроструктурні дослідження.

Структурно-генетичні побудови базувалися на механіко-математичному моделюванні. Задачі по розрахунках температурних полів, полів напружень в пружних і пружно-пластичних середовищах розв'язувались чисельними методами: граничних елементів, скінчених елементів та варіаційно-різницевим, за допомогою ПЕОМ IBM PC/AT.

Практичне значення роботи визначається можливістю використання отриманих результатів в таких напрямках:

1. Підвищення якості геолого-зйомочних робіт і, відповідно, геологічних, тектонічних та інших карт, завдяки впровадженню досвіду вивчення складних геологічних утворень, що формуються за участю процесів плутонометаморфізму і синметаморфічних дислокаційних процесів.

2. Підвищення надійності прогнозно-пошукових робіт на основі нових петро- і структурно-генетичних уявлень і встановленої металогенічної зональності орогенних тектоно-магматичних комплексів.

3. Використання даних математичного моделювання /розрахунки полів напружень, геометрія віртуальних тріщин сколу і відриву/ для оптимізації сітки гірничих і бурових робіт.

Відзначені аспекти знайшли відображення у практиці геолого-

зйомочних, прогнозно-металогенічних та пошуково-розвідувальних робіт у Східному Забайкаллі, що підтверджено актами впровадження розробок.

Публікації і апробація роботи. По темі дисертації опубліковано 40 робіт, в тому числі 1 монографію. Матеріали дисертації використані у 8 звітах по науково-дослідних темах і в ряді виробничих звітів ВГО "Читагеологія" і тресту "Забайкалзолоторозвідка".

Окремі розділи і положення роботи доповідались на Міжнародних конференціях: "Структура і геодинаміка земної кори і верхньої мантиї" /Москва, 1991/, інженерів-механіків /Львів, 1993/, "Напруження в літосфері" /Москва, 1994/, і на Всесоюзних конференціях, нарадах, школах: "Дослідження гравітаційного поля і природних ресурсів Землі космічними засобами" /Львів, 1984/, "Термометрія і геохімія рудоутворюючих флюїдів" /Львів, 1985/, "Наскрізні рудоконцентруючі структури" /Москва, 1986/, "Структурний аналіз кристалічних комплексів" /Тбілісі, 1988/, по зсувній тектоніці /Ленінград, 1988/, "Ендогенні процеси в зонах глибинних розломів" /Іркутськ, 1989/, "Механізми структуроутворення в літосфері і сейсмічність" /Москва, 1991/; на сесії наукової ради "Тектоносфера України" /Київ, 1994/; на регіональних і республіканських нарадах /Чита, 1972, 1981, 1988/; Іркутськ, 1974; Київ, 1975/; на наукових конференціях Львівського університету /1971-1976, 1979, 1984-1992/.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, 5 глав, висновків та списку літератури із 427 найменувань, включає 90 рисунків і 18 таблиць. Текстова частина викладена на 265 машинописних сторінках.

В главі I "Геологічна передісторія і головні особливості мезозойського орогенезу у Східному Забайкаллі" систематично викладається історія формування багатоповислої структури регіону, і в першу чергу найбільш консервативних її елементів - системи Монголо-Охотського глибинного розлому і Східно-Забайкальської древньої брили, охарактеризовано загальні риси орогенної активізації та проблеми взаємозв'язку орогенної тектоніки і магматизму. Викладені в главі дані використані при обґрунтуванні положення I. Глава II "Орогенні гранітоїди Східного Забай-

каля та їх типізація" містить докладний опис мезозойських гранітоїдних комплексів, їх структурно-геологічну, мінералого-петрографічну та петрологічну характеристику, приводиться порівняльна характеристика різнотипних гранітоїдів /Положення 2/. В главі III "Розповсюдженість головних генетичних типів в мезозойських орогенних гранітоїдів в межах Тихоокеанського рухливого поясу" проводяться міжрегіональні співставлення особливостей мезозойського орогенного магматизму, як в межах активізованих древніх платформ /Сибірська, Китайська, Північно-Американська/, так і різновікових складчастих поясів /Монголо-Охотський пояс, Верхояно-Чукотська складчаста область, Північно-Американські Кордильєри, Анди/, відзначаються загальні особливості гранітоїдного магматизму /Положення 2/. Глава IV "Особливості петрогенезису гранітоїдних комплексів областей орогенної активізації" включає обговорення дискусійних питань гранітоїдного петрогенезису, аргументується оригінальна точка зору щодо походження гранітоїдів виділених генетичних типів /Положення 3/. Глава V "Механізми формування головних магматогенних структур та геодинамічні умови гранітоутворення" присвячена з'ясуванню механізмів формування найважливіших магматогенних структур - граніто-гнейсових куполів та структур центрального типу з магматичними ядрами - на основі широкомасштабного математичного моделювання. Приведені результати розрахунків теплових полів в умовах флюїдно-конвективного та кондуктивного теплопереносу, полів напружень та деформацій в пружних та пружно-пластичних середовищах, показано вплив найважливіших внутрішніх та зовнішніх силових факторів на структуротворчі процеси. /Положення 4,5/.

Робота виконана на кафедрі загальної геології Львівського університету. Полеві дослідження в різні роки виконувались в співдружності з колегами по роботі в університеті Ю.Ф.Мисником, О.М.Колодієм, В.Л.Литвиновим, В.М.Краснощоком, а також із співробітниками інших організацій С.М.Синицею, В.П.Полоховим, Г.Ф.Міліним, В.П.Федоровим, Ю.П.Євсєєвим, К.В.Вараксіним, Н.М.Лєсняк.

Математична обробка петрохімічних даних проводилась разом з

В.І.Смірновим. В роботі організованої автором групи математичного моделювання геологічних процесів і структур приймали участь О.Д.Альтман, І.Б.Бутитер, І.М.Коровайчук, І.С.Кузь, В.В.Ліхачов.

За роки роботи автор мав нагоду обговорювати різні аспекти досліджень з відомими спеціалістами в галузі магматичної геології, структурного аналізу і тектоніки І.М.Бондаренко, В.С.Гутерманом, Л.Ф.Добржинецькою, А.М.Козаковим, Д.С.Коржинським, Є.М.Лазько, Є.В.Павловським, Є.І.Паталахою, Д.П.Резвим, І.М.Томсоном, В.С.Федоровським, В.В.Езом.

Питання геології Східного Забайкалля обговорювались з К.К.Анашкіною, Е.О.Беляковим, Д.И.Горжевським, В.П.Кирилюком, В.М.Козеренко, В.Л.Літвіновим, А.М.Лисаком, Г.І.Менакером, Р.М.Мількевич, Б.І.Олексівим, І.Г.Рутштейном, К.І.Свешніковим, А.О.Сівороновим, С.М.Синицею, Ю.С.Соломінім, В.В.Старченко, І.О.Томбасовим.

В обробці матеріалів і оформленні роботи велику допомогу автору надали Н.О.Ісаченкова, М.І.Кудлик, А.Б.Дорошенко.

Всім особам, які сприяли роботі над дисертацією, автор висловлює щире подяку.

Автор шанує світлу пам'ять Ю.Ф.Мисника, разом з яким виконана важлива частина регіональних досліджень у Східному Забайкаллі.

ОБГРУНТУВАННЯ ПОЛОЖЕНЬ, ЩО ЗАХИЩАЮТЬСЯ

І. Пізньомезозойський орогенез, який визначає сучасну структуру ряду регіонів Тихоокеанського рухливого поясу, мав у Східному Забайкаллі успадковано-накладений характер і відбувся у дві стадії: брилову амагматичну та склепінно-брилову вулканоплутонічну. Головними структурами, які контролювали орогенні процеси, виступали система Монголо-Охотського глибинного розлому та фрагменти древньої Східно-Забайкальської брили.

Інтерес до Східного Забайкалля пояснюється не лише наявністю чисельних родовищ та рудопроявів золота, молібдену, вольфрам, олова, поліметалів та інших корисних копалин. Його тектонічна позиція на перетині Урало-Монгольського палеозойського геосинклінального поясу і Тихоокеанського рухливого поясу, котрий у мезозої виступав в якості глобальної орогенної структури, спонукає шукати тут розв'язки багатьох проблематичних питань теоретичної та прикладної геології. До найгостріших відносяться пи-

тання співвідношення власне геосинклінального та орогенного розвитку, успадкованого та новоутвореного в процесах орогенної активізації та ін.

За загальним визнанням, Східне Забайкалля як складчаста споруда остаточно сформувалась в процесі мезозойського тектогенезу. Серед поглядів на природу останнього до цього часу залишаються актуальними дві концепції, викладені в найбільш повному вигляді в працях В.М. Козеренко та М.С. Нагібіної.

В більш пізніх дискусіях /В.О. Амантов, Д.Н. Горжевський, В.С. Корміліцин, Ю.Ф. Мисник, О.Ф. Мушніков, В.І. Олексів, Г.Д. Падалка, І.Г. Рутштейн, В.І. Сізіх, В.В. Старченко, І.М. Томсон, І.М. Фомін, В.В. Шевчук, О.Д. Щеглов та ін./ склалася думка, що ранньо-середньоярська складчастість завершувала тривалий геосинклінальний розвиток його складчасто-брилових структур. Наступний етап склепінно-брилового розвитку більшість дослідників відносить до категорії позігеосинклінальних процесів, що об'єднуються поняттям орогенної активізації.

Аналіз робіт К.В. Боголепова, В.Д. Смікова, Ю.В. Комарова, Є.М. Лазька, Г.Ф. Мірчинка, М.С. Нагібіної, М.І. Ніколаєва, Є.В. Павловського, В.Є. Хаїна, М.І. Хераскова, А.М. Хренова та інших дослідників, в яких обговорювались термінологічно-номенклатурні та змістовні питання цього особливого типу процесів та структур земної кори, і фактичного матеріалу по Східному Забайкаллю, приводить до висновку про те, що геологічною суттю областей орогенної активізації /гранітоїдної активізації по М.С. Нагібіній/ слід вважати: 1/ відродження існуючих та закладення нових розломних систем; 2/ інтенсифікація диференційованих, головним чином вертикальних, рухів літосферних блоків; 3/ гороутворення, що супроводжується формуванням компенсаційних западин з моласоїдним виповненням; 4/ як правило, потужний наземний вулканізм, своєрідний інтрузивний магматизм і плутонометаморфізм з різнотипною рудною мінералізацією.

Глибока перебудова доорогенної структури та значні масштаби активізаційних процесів, які з різною інтенсивністю проявились в межах всього Тихоокеанського поясу, спричинили розповсюдження уявлень про повну незалежність від геологічної передісторії та виключно накладений характер орогенного тектогенезу. Однак, багаторічне вивчення цих питань на прикладі Східного Забайкалля дозволяє стверджувати, що активізаційні прояви мають

успадковано-накладений характер, а головні особливості пізньо-мезозойської тектоніки, магматизму і металогенії в значній мірі обумовлені всім передорогеним геологічним розвитком регіону.

Револуційним для Східного Забайкалля, як і для багатьох інших регіонів Азіатського материка, був етап пізньопротерозойської деструкції рильної континентальної кори та своєрідного геосинклінального розвитку. На цьому етапі відбулося формування розгалуженої системи Монголо-Охотського глибинного розлому та відокремлення від Алдано-Вітимського щита крупної Східно-Забайкальської древньої брили, складеної головним чином архейськими утвореннями станового комплексу /Мисник, Шевчук, 1975, 1980/. Північно-західною границею брили слугають тектоніти шовної зони глибинного розлому, на південний схід від якої розташовуються два ряди кулісних офіолітових зон. Зони західного ряду /Джорольська, Урульгінська та Східно-Агінська/ відходять від шовної структури під гострим кутом у південно-західному напрямку, в той час як зони східного ряду /Нікольська, Нижньошилькінська/ - в південно-східному /Мисник, Шевчук, 1977, 1979/. Офіолітові зони, складені суттєво зеленосланцевими товщами, облямовують древню брилу та розчленовують її на окремі фрагменти. Південним обмеженням брили виступає субширотна Биркінська офіолітова зона, яка відокремлює значну частину Ариаргуння від Заурулюнгуєвської брили і, вірогідно, є північною ланкою ешелонованої системи зеленосланцевих зон субширотного та північно-східного простягання, що розчленовують древні структури Східної Монголії /Керуленська, Ундуршилькінська та ін./.

Прогресивний зеленосланцевий метаморфізм утворень офіолітової асоціації /зелені сланці, кварцити, ортоамфіболіти, серпентиніти/ пов'язаний з ізофаціальним діафорезом та динамометаморфізмом утворень станового комплексу, що створювали шовні тектоніти. Структурний парагенезис, до якого входить смуга пізньодокембрійських тектонітів в шовній зоні глибинного розлому та спряжені з нею ряди офіолітових зон, інтерпретується як прояв простого зсуву. Сумарний ефект латеральних переміщень відобразився у відокремленні від краю древньої платформи крупної брили, та її переміщенню на південний схід. Крайові блоки брили часто виявлялись опущеними, що обумовило накопичення потужної сіркольорової формації міогeosинклінального типу, а внутрішні фрагменти, завдяки їх зустрічним рухам, зазнавали скупчення та то-

росіння. При цьому північно-західна частина брили мала вигляд піднятого виступу древнього фундаменту, а розчленована на численні блоки південно-східна-була втягнена в нерівномірні просідання, більш стійкі і тривалі на півдні, на що вказує віковий діапазон теригенно-карбонатних верхньодокембрійських і нижньопалеозойських відкладів /Мисник, Шевчук, 1980/.

Пізньюдокембрійська-ранньопалеозойська структура набула упадкованого розвитку в середньому палеозої. Приймаючи зелені кам'яні товщі девону і нижнього карбону в межах Східно-Агінської офіолітової зони за нову генерацію офіолітів, можна зробити висновок про відновлення в окремих ділянках пізньюдокембрійських офіолітових зон умов латерального розтягнення. Головна ж роль у формуванні середньопалеозойської структури належала, очевидно, радіальним слабодиференційованим рухам, про що свідчать морські теригенні та карбонатні відклади помірної і малої потужності, що зустрічаються в межах древньої брили.

Пізній палеозой - ранній мезозой відзначився накопиченням розділених незгідностями потужних теригенних формацій верхньої пермі, верхнього тріасу та нижньої /місцями також середньої/ юри, закономірно приурочених до різних частин брили та фрагментів глибинного розлому. На південно-західній периферії брили формуються відповідно пізнюпермський Борзинський синклінорій та пізнютріасова Пришилкінська прирозломна западина, виповнені потужною грауваковою формацією. Ранньосередньоярські структури мають більш широке розповсюдження. Східно-Забайкальський ранньоярський прогин, обмежений з опівночі шовною зоною глибинного розлому, до певної міри повторював контури древньої брили та контролювався нерівномірним просіданням окремих її блоків. Судячи з розподілу потужностей та фаціальної характеристики нижньоярських відкладів, південно-західна частина брили зазнала найбільших опускань, в той час як в її північно-східній частині опускання були незначними. На рубежі ранньої і середньої юри на місці прогину виникли вузький прирозломний Чачинський синклінорій, складений потужними аспідною і сірокольоровою моласовою формаціями, центральна Ононо-Ундинська система синкліноріїв та антикліноріїв загального північно-східного простягання. Характерні для основної частини складчастої структури з ознаками брахіформності аспідна і флішева формації в південно-західному напрямку заміщуються спочатку грауваками, а поблизу краю брили - гру-

боуламковими прибрежно-континентальними фаціями, при цьому потужність відкладів досягає тут максимальних значень /до 7 км/. На південний схід розташовується Алгачинсько-Газимурський синклінорій, подібний за морфологією структур та формаційною характеристикою до структур центральної системи. Східніше синклінорію розташовуються декілька синкліналей, відділених антиклінорієм Нерчинського хребта, який переходить на південному сході в крупне Шилко-Аргунське підняття. Північно-східний край брили відзначався розвитком потужного неперервного розрізу морських теригенних відкладів нижньої-середньої юри, що простягаються до Верхнього Іриамур'я.

Зазначимо, що Східно-Забайкальський ранньюрський прогин попадає в оточення значно більш масштабних процесів ранньомезозойської орогенної активізації, що супроводжуються аналогічними блоковими просіданнями, але з континентальним осадконакопиченням та наземним вулканізмом /Алдано-Вітимський щит, Монголія, Хінгано-Буреїнський серединний масив/. Ця обставина породжує проблему синхронності геосинклінального та орогенного режимів в межах єдиного орогенного поясу та обумовлює пошуки загальних глобальних причин мезозойського тектогенезу в межах Тихоокеанського поясу.

В пізньому мезозої суттєві перетворення попередньої структури під дією радіальних і латеральних рухів та активний вулканоплутонічний магматизм створили структуру орогенного типу. Середньюрська епоха відзначена, насамперед, формуванням залишкових прогинів із середньюрською континентальною йолосою /верхньогазимурська свита/, яка вважається епігеосинклінальним орогенним утворенням. Останнє формувалось ще до докорінної перебудови структурного плану другої половини середньої юри, яка привела до розчленування складчастої структури на "клавішну" систему горстів і грабенів. Головним змістом цієї амагматичної стадії орогенної активізації, названої нами бриловою, став розпад більш раннього мегасклепінного підняття, яке охопило і середньюрські прогини, а також повсюдна активізація успадкованих та виникнення нових розривних систем. Необхідність виділення брилової стадії аргументується накладеним характером більш пізніх середньо-пізньюрських западин з вулканогенно-осадковим виповненням та прориванням брилових структур вже найбільш ранніми проявами пізньомезозойського магматизму.

Друга стадія орогенної активізації позначилась склепінно-бриловими підняттями та потужним магматизмом, в зв'язку з чим названа вулканно-плутонічною. Складноокреслені ізольовані западини з осадово-вулканогенним континентальним виповненням групуються в смуги частіше північно-східного простягання, облямовуючи різномасштабні підняття. За розмірами останні розподіляються І.М.Томсоном на локальні мегасклепіння та куполи. Серед них виділяються різні за походженням структури. Поряд з різномасштабними блоково-бриловими підняттями, близький геоморфологічний вираз мають граніто-гнейсові куполи та вали. Система таких піднять зливається під кінець юри в єдине мегасклепіння складної будови. Структурний план регіону, який склався на кінець юри - початок крейди, не зазнав суттєвих змін в більш пізній час.

Своєрідна і, в цілому, накладена пізньомезозойська структура з загальною північно-східною орієнтацією, до певної міри розвивалася успадковано. Найбільш виразного впливу вона зазнавала з боку найбільш консервативних структур древнього закладення: системи Монголо-Охотського глибинного розлому в її пізньодокембрійському виразі та в значній мірі дезінтегрованої древньої брили. Останні контролювали контури орогенних піднять та утискань, розподіл інтрузивних і плутонометаморфічних утворень та, відповідно, магматогенних структур.

2. Пізньомезозойський орогенез у Східному Забайкаллі позначився синхронним розвитком гранітоїдів двох генетичних типів, які входять до складу вулканно-плутонічної та плутонометаморфічної асоціацій і формувалися в межах структур різної проникливості. Інтрузивні тіла, складені гранітоїдами першого типу, контролювалися високопроникливими розломними системами в усіх геоструктурних елементах Тихоокеанського рухливого поясу, в той час як утворення автохтонних батолітів із структурою граніто-гнейсових куполів відбувалося виключно в межах геосинклінальних складчастих систем, в напівпроникливих зонах з роздібленою древньою континентальною корою, частково перекритою малопотужним чохлам.

Головною особливістю областей мезозойської орогенної активізації не безпідставно вважається інтенсивний гранітоїдний магматизм із яскраво вираженою металогенічною спеціалізацією. Не дивлячись на тривалу історію досліджень магматизму, ряд ас-

пектів, зокрема генетичного характеру, досі залишаються проблематичними. Пошуки єдиного механізму гранітоутворення обумовили неодноразову зміну в часі трансформістських та магматичних уявлень. На сучасному етапі завдяки ізотопним дослідженням знову розповсюдженою стала точка зору про глибинне походження базових розплавів. Існуючі схеми магматизму у Східному Забайкаллі відрізняються кількістю виділених комплексів /Білібін, 1953; Паддалка, 1953; Козеренко, 1956; Шталь, 1958; Лесняк, 1966; Кузьмін, 1966; Мітвінов, 1966; Бартанова, 1972; Шевчук, 1975/.

Есебічне вивчення мезозойських гранітоїдів, які домінують над магматитами інших вікових груп, дозволило встановити до певної міри синхронний розвиток гранітоїдів двох генетичних типів. Один з них представлений гранітоїдами сретенського /амуджиканського, шахтаїнського/ комплексу, пов'язаними з комагматичними ефузивами шадоронської серії в вулкано-плутонічній асоціації. Другий генетичний тип об'єднує плутонометаморфічні утворення батолітоподібних масивів та лінійних палінгенно-метасоматичних зон борщовочного /цаган-олуєвського/ комплексу та лейкограніти кукульбейського /ботовського/ комплексу, близькі за багатьма ознаками до гомогенних гранітоїдів борщовочного комплексу.

С р е т е н с ь к и й і н т р у з и в н и й к о м п л е к с об'єднує масиви /до 500 км²/ крупно- та гігантопорфіровидних біотит-роговообманкових гранітів та гранодіоритів, невеликі штоки порфіровидних або нерівномірнозернистих роговообманкових і біотит-роговообманкових кварцевих діоритів, габро-піроксенітів, габро-монцонітів, монцонітів, сіенітів, та граносіенітів, дробні штоки і дайки граніт-порфірів, сіеніт-порфірів, діоритових порфіритів та лампрофірів. Розміри та склад магматичних тіл залежать в першу чергу від їх структурної позиції та особливостей кінетики петрогенезису. Різноманітні утворення, що входять до складу сретенського комплексу, мають ряд спільних особливостей: 1. Різні за розмірами інтрузиви концентруються в межах найбільш проникливих віргачій Монголо-Охотського глибинного розлому та внутрішніх розломів піднятих блоків ранньодокембрійського фундаменту. Так, в межах шовної зони глибинного розлому розташовані крупні Сретенський, Удирінгінський та Барачинський масиви, Нижньо-дуренгінський, Бугор'їнський, Буглуцький, Дюкорльський, Пронинський, Карійський, Лужангінський, Бутанський та інші штоки та декілька роїв дайкових тіл. До південних вір-

гацій глибинного розлому, які розчленовують Східно-Забайкальську древню брилу, приурочений Чача-Джероньський масив, численні дрібні штоки та дайки. 2. Активне інтродування структур рами без їх суттєвої перебудови, з розвитком ендоконтактових фаций та екзоконтактового ороговикування. Формування структур центрального типу з радіально-кільцевим розривним парагенезисом довкола магматичних ядер. 3. Широкий діапазон складів порід комплексу від піроксенітів до аплітовидних гранітів з різким переважанням порфіровидних гранітів-гранодіоритів. 4. Масивні текстури порід, порфіровидні, крупно-середньо- і дрібнозернисті структури, широкий розвиток, поряд з типово-магматичними, мікроструктур перекристалізації та заміщення. Наявність порфірових виділень калієвого польового шпату розміром до 20 см із вмістом їх у породах з різним хімічним складом базису до 60%. 5. Розподіл петрогенних мінералів на асоціації з реакційними співвідношеннями. Найбільш рання асоціація складена роговою обманкою /± моноклінний піроксен/ та плагіоклазом підвищеної основності /№ 28-45/, до яких часом приєднується біотит. Друга асоціація /калієвий польовий шпат і кварц/ реакційна по відношенню до ранньої. З її розвитком пов'язана поява широкої гами порід від основних і навіть ультраосновних до порфіровидних гранітів, граносінітів і кварц-калішпатових агрегатів. Кристалізація кварцу і калієвого польового шпату /ортоклаз, мікроклін/ супроводжується розкладанням мінералів ранньої асоціації, виникненням проміжних генерацій плагіоклазу і біотиту, появою мікроструктур перекристалізації та заміщення. В повнокристалічних породах, зокрема в порфіровидних гранітах і гранодіоритах, кварц-калішпатова асоціація завершує процес кристалізації. В неповнокристалічних та проміжних різновидностях середнього-основного складу основна тканина містить третю, завершуючу асоціацію, близьку за складом до найбільш ранньої. З її розвитком кварц і калієвий польовий шпат кородуються, вкрапленники калієвого польового шпату утворюють овоїдні форми, які часто dorостають плагіоклазом, у кварці спостерігаються корозійно-метасоматичні структури. 6. Широкий розвиток шліровидних уособлень, складених мінералами ранньої мінеральної асоціації та порівняно невеликими порфіробластами калієвого польового шпату метасоматичної природи. 7. Підвищена лужність та магнезіальність порід і забарвлених мінералів; стійка сфен-ортит-апатит-цирконова асоціація акцесорних мінералів;

одночасна присутність в породах комплексу елементів-домішок, характерних як для основних порід, так і для кислих. 8. Тісний зв'язок з комагматичними вулканітами шадоронської серії, наявність переходів, неодноразове чергування в часі вулканічних і інтрузивних фаз.

До складу борщовочного комплексу віднесено широке розмаїття порід з різким переважанням гранітоїдів, що складають батолітоподібні тіла /до 2000 км²/ із структурою граніто-гнейсових куполів, а також лінійні палінгенно-метасоматичні зони. Гранітоїдні плутони групуються в ланцюжки вздовж Борщовочного /Борщовочний, Дологінський, Міжріченський, Анікінський плутони/ та Перчинського /Даган-Олуєвський, Кутомарський плутони/ хребтів. Плутони Борщовочного хребта розташовуються південніше шовної зони глибинного розлому, зайнятої тілами сретенського комплексу, тяжіючи до північно-західної периферії дезінтегрованої Східно-Забайкальської древньої брили, окремі блоки якої перекриті тут фанерозойськими осадовими, карбонатними і вулканогенними утвореннями. Ланцюжок плутонів переривається в місцях його перетину з крупними блоками ранньодокембрійського фундаменту, крупними інтрузіями сретенського комплексу /Чаца-Джеронський масив/ та потужними офіолітовими тілами /Джорольська та Східно-Агінська офіолітові зони/. Плутони Перчинського хребта також розташовуються в місцях підвищеної дезінтеграції древньої брили, перекритої порівняно малопотужними фанерозойськими відкладами. Лінійні палінгенно-метасоматичні зони невеликих розмірів /до 100 км²/ формувались в межах шовної зони та основних вірваций глибинного розлому.

Всі без винятку плутони мають зональну будову з виділенням рами плутонів, контактової, мігматитової, граніто-гнейсової кайми /зон/ та гранітоїдного ядра. Рамою плутонів служать кристалічні товщі раннього докембрію, верхньодокембрійські і палеозойські офіоліти та теригенно-карбонатні товщі, нижньо-середньокр-ськні теригенні та магматичні утворення. В межах контактних зон породи рами розсланцьовані та метаморфізовані. Найбільш широкий ореол метаморфізму фіксується по мінеральних асоціаціях фації зелених сланців. Посилення метаморфізму до амфіболітової фації спостерігається при широкому прояві високотемпературного кремній-калієвого метасоматозу /локального плавлення в межах мігматитових зон. Останні складені сланцьованими і порфіроблас-

товими породами з виділеннями ортоклазу розміром до 15 см. Розташування виділень, їх форма, наявність в них включень метаморфізованого субстрату, серія мінеральних заміщень та деякі інші ознаки свідчать про метасоматичну природу відзначених утворень. Релікти порід субстрату, що надають смугастого вигляду мігматитам, поступово зникають, порфірблястові породи насичуються згідними тілами гранітоїдів. Завдяки серії мінеральних заміщень склади різноманітних порід субстрату вирівнюються, із збільшенням в них вмісту калієвого польового шпату і кварцу породи стають все більш світлими, вміст темнокольорових мінералів при цьому послідовно зменшується. Відзначені мінералогічні перетворення, за петрохімічними даними, супроводжуються поступовим збідненням порід субстрату кальцієм, магнієм, залізом та збагаченням калієм і кремнеземом. Мігматити плутонів поступово змінюються порфірблястовими і нерівномірнозернистими в тій чи іншій мірі сланцюватими граніто-гнейсами. В залежності від первинного складу порід субстрату в граніто-гнейсах стабілізуються наступні мінеральні асоціації: біотит-олігоклаз-ортоклаз-кварц; біотит-гранат-олігоклаз-кварц; рогова обманка-олігоклаз-ортоклаз-кварц. Асоціації акцесорних мінералів невитримані, залежать від складу субстрату. Часто фіксується високий вміст флюориту, магнетиту, циркону, монациту, рідше зустрічаються апатит, гранат, каситерит, анатаз, торит, молібденіт, сфен. У складі елементів-домішок також відзначається успадкованість щодо субстрату. З посиленням гранітизації в породах послідовно зменшується вміст більшості металів і збільшується вміст літію, фтору, ніобію, танталу, олова, вольфраму, берилію.

У внутрішніх частинах плутонів широко розвинені наймолодші різномасштабні тіла квазігомогенних гранітів з ознаками інтрузивного залягання. У більшості випадків вони складені біотитовими гранітами або аляскітами із характерним димчастим кварцем.

Поступові переходи від різноманітних порід субстрату до гранітоїдів, тісний зв'язок явищ динамометаморфізму і кремній-калієвого метасоматозу, що завершується локальним плавленням, проявлені також в специфічних лінійних зонах, що контролюються розривними системами тривалого розвитку. Такі зони накладаються на різновіковий субстрат, в тому числі на граніти сретенського комплексу /Сретенська, Карійська зони/, що сприяє з'ясуванню вікових співвідношень між різнотипними гранітоїдами. В металоген-

нічному відношенні зональні плутони /граніто-гнейсові куполи/ і лінійні палінгенно-метасоматичні зони діагностуються як області виносу більшості металів, концентрації яких утворюються при певних фізико-хімічних умовах в найближчому оточенні цих структур. Переміщені тіла, складені біотитовими гранітами та аляскітами з димчастим кварцем, відомі і за межами плутонів та палінгенно-метасоматичних зон /Ботовський, Соктуйський, Тургінський, Семкокучинський та інші штоки/. Вони відносяться до окремого кукульбейського комплексу, хоча, на підставі мінерало-петрографічної, петро- і геохімічної близькості з гранітоїдами внутрішніх зон плутонів, об'єднуються з ними в єдиний генетичний тип. Доцільність збереження самостійного кукульбейського комплексу аргументується стійкими характеристиками його утворень, а також яскравою металогенічною спеціалізацією останніх.

Відзначені штоки та численні дрібні тіла складені головним чином світло-сірими біотитовими гранітами з крупними ізометричними зернами моріону. Структура порід ліпідіоморфнозерниста з високим ідіоморфізмом плагіоклазів альбіт-олігоклазового складу. Калієвий польовий шпат та кварц складають по 30-40% об'єму порід. Єміст високозалізного біотиту коливається від 1 до 3%. В ендоконтактних зонах крупнозернисті моріонові граніти часом переходять в середньо-дрібнозернисті, аж до аплітовидних гранітів. У складі Соктуйського та деяких інших штоків звичні кварцеві сієніти і граносієніти, часом з порфіровидною структурою. Майже в усіх різновидностях звичні структури заміщення калієвим польовим шпатом плагіоклазу.

Щодо віку пізньомезозойських гранітоїдних комплексів Східного Забайкалля, то на підставі геологічних та радіологічних даних вони впевнено датуються середньою-пізньою юрою. І якщо тіла кукульбейського комплексу без виключень мають пізньоярський вік, оскільки проривають утворення сретенського та борщовочного комплексів, то вікові співвідношення останніх до певної міри проблематичні.

Найбільш ранні прояви пізньомезозойського гранітоїдного магматизму відомі в межах лінійних палінгенно-метасоматичних зон, що розвиваються в шовній зоні глибинного розлому. Паравтохтонні ранньоборщовочні гранітоїди прориваються тут утвореннями сретенського комплексу, які, в свою чергу, разом з комагматичними вулканітами шадоронської серії, виступають в ролі субстрату при

формуванні зональних батолітів та лінійних зон на завершальних стадіях їх розвитку. В межах батолітів не встановлено жодного прояву магматизму "сретенського" типу. Ці дані впевнюють в принциповій синхронності вказаних комплексів, хоч головні їх фази розділені в часі і просторі.

Навіть вибіркове співставлення найбільш характерних представників виділених комплексів демонструє суттєві їх відмінності. Зокрема, співставлення речовинного складу гранітів сретенського і кукульбейського комплексів дозволило В.А.Літвінову /1964, 1966/ відносити їх до різних петрологічних типів. Розбіжності між пізньомезозойськими гранітоїдами ще більш вагомі з врахуванням повних асоціацій генетично споріднених утворень у кожному комплексі, співвідношень із синхронними вулканітами та внутрішньої організації тіл, яка відображає взаємозв'язок між петрогенними процесами та структуроутворенням. З врахуванням цих аспектів автором аргументується існування двох генетичних типів активізаційних гранітоїдів на формаційному рівні: 1. Гранітоїди плутонометаморфічної асоціації, переважно автохтонні або пара-автохтонні /бордорочний, кукульбейський комплекси/; 2. Гранітоїди вулканоплутонічної асоціації, в загальному випадку алохтонні щодо рівня автохтонного гранітоутворення /сретенський комплекс/. Поряд з очевидними розбіжностями між виділеними генетичними типами гранітоїдів, ряд ознак зближують саме гранітні різновидності, що було підставою для об'єднання всього юрського магматизму Східного Забайкалля єдиним процесом, як це прослідковується в роботах Р.В.Лесняка, М.І.Кузьміна, В.С.Антипіна або єдиною серією /Шевчук В.В., 1975/. певний дуалізм в генетичних ознаках різнотипних гранітоїдів підтверджено аналізом петрохімічних даних з системних позицій /Шевчук, Смірнов, 1961/.

З метою з'ясування розповсюдженості різнотипних гранітоїдів за межами Східного Забайкалля та стійкості виявлених закономірностей, в роботі аналізується мезозойський магматизм різних фрагментів Тихоокеанського рухливого поясу. Мезозойські інтрузивні утворення Станової зони Алданського щита, серед яких впевнено виділяються аналоги сретенського комплексу, концентруються в розломних вузлах та лінійних зонах навіть у випадку ареального їх розповсюдження. К.І.Свенніковим вони об'єднуються діорит-сієнітовою, гранітовою і діорит-порфірит-порфіровою регіональними формаціями. Близький характер мезо-

зойського магматизму встановлюється також в межах Китайської платформи. Інтрузивні тіла, складені біотит-роговообманковими гранітами з порфіровидною структурою, гранодіоритами, граніто-порфірами, а також сублужними утвореннями, тісно пов'язані тут з ефузивним магматизмом і контролюються розломними системами.

На відміну від древніх платформ, в межах різновікових складчастих споруд мезозойський еогенез супроводжувався синхронним розвитком гранітоїдів обох генетичних типів, що ілюструється, зокрема, даними по деяких регіонах Монголо-Охотського складчастого поясу. У Східній Монголії, де мезозойські структурно-формаційні комплекси мають субмеридіональну зональність і накладені на субвиротні палеозойські структури, О.С. Лавленко із співавторами всі мезозойські гранітоїди відносить до двох формацій: гранодіоритової та гранітно-лужно-гранітної. У складі першої розглядаються крупні батоліти з ознаками інтенсивної гранітизації вміщуваних порід. З врахуванням даних про формування плутонів вапняково-лужної асоціації по типу граніто-гнейсових куполів Східного Збайкалля /Коваль, Смірнов, 1983/, серед мезозойських гранітоїдів Монголії з'являється можливість виділення утворень обох вищезазначених генетичних типів, що не узгоджується з поширеними останнім часом уявленнями про єдиний генетичний ряд гранітоїдів. Близькою є ситуація у Центральному Збайкаллі, де герцинські геосинклінальні прогини накладлись на салаїрську і каледонську складчасту основу, включаючи виступи ранньодокембрійського фундаменту. Під час мезозойського тектогенезу воно опинилося у внутрішній частині Хентей-Даурського мегасклепіння з розвитком переважно ранньомезозойських гранітоїдів. Найбільш важливою ознакою мезозойського магматизму є формування крупних батолітів гранодіорит-тоналітового складу з широкою участю процесів ультраметаморфізму /Комаров, 1972/. Узагальнення даних В.В. Старченка, В.П. Краснова, Ю.В. Комарова, В.Д. Козлова та ін. приводить до висновку про розповсюдження тут гранітоїдів обох генетичних типів, причому даурський комплекс паралелізується з борщовочним, а сохондинський і харалгінський, відповідно, із сретенським і кукульбейським комплексами. Аналогі останніх широко розповсюджені також у Верхньому Приамур'ї, Північному Дунбеї та в межах Західного Приохоття, де вони датуються вже верхньою крейдою.

На прикладі Приморсько-Приамурського регіону та Верхньо-

Чукотської складчастої області аналізується проблема співвідношення епігеосинклінального орогенного та активізаційного магматизму. Підкреслюється існування латеральних рядів близьких за віком, але різних за походженням пізньомезозойських гранітоїдів: За даними В.К.Путінцева, В.А.Амантова та багатьох інших дослідників, на півдні Далекого Сходу в межах Буреїнського і Ханкайського древніх масивів формувалися пізньопалеозойсько-ранньомезозойські плутоногенні зони. Пізньомезозойські структурно-формаційні комплекси розвинені більш широко по гетерогенній основі і трактуються або як прояви пізньорогенних стадій розвитку мезозоїд, або пов'язуються з тектоно-магматичною активізацією. Зокрема, В.О.Павлов і М.Г.Руб розділяють рудоносні гранітоїди Примор'я на палінгенні гранітоїди орогенного етапу мезозоїд і активізаційні монзонітоїдно-сієнітові утворення, пов'язані з глибиною трахіандезитовою магмою. На Північному Сході Азії виділяються одновікові гранітоїди плутонометаморфічної асоціації /формація батолітових гранітоїдів/ і вулканоплутонічної асоціації /монзонітоїдна група формацій/ /Грінберг, 1973/, хоч їх тектонічна природа часто визнається різною. В численних публікаціях останнього десятиліття приводиться все більше даних про генетичну різнотипність пізньомезозойських гранітоїдів, співставимих з гранітоїдами Монголо-Охотського поясу, де їх зв'язок з активізаційними процесами загально визнаний.

Головною особливістю Кордильєрського орогенного поясу, який поширюється не лише на геосинклінальну систему, а й на прилеглу частину платформи, було формування батолітового поясу. Внутрішня будова поясу складна і до кінця не з'ясована. Історія вивчення гранітоїдного магматизму в його межах знає принципово різні уявлення, від визнання плутонометаморфічної їх природи, формування на місці за рахунок гранітизації вміщуваних порід, як це впливає, зокрема, з робіт Ф.Б.Кінга та А.Ірдлі, до повної відмови від можливості корового походження магм /Hamilton, Myers, 1967/. На сучасному етапі досить очевидним є існування тут двох типів гранітоїдів, що формувалися практично синхронно. З одного боку, після робіт П.Коуні по геосинкліналі Омніка, де він виділив так звані "метаморфічні комплекси ядер", якими позначено системи куполоподібних піднять аномально деформованих метаморфічних і плутонічних порід, дозволило дійти вис-

новку про прямий зв'язок метаморфізму з куполо- і гранітоутворенням / Compton, 1980; Todd, Reynolds, Rehrig, 1980 та ін./ З другого - для частини плутонів гранітоїдного поясу встановлено тісний взємозв'язок з вулканітами та показане глибинне походження первинних магм, зокрема, на підставі ізотопних співвідношень /Молчанова, 1977; Rogers, Greenberg, 1980/.

Таким чином, на основі міжрегіональних співставлень зроблено висновок про те, що поряд з двома поширеними тенденціями об'єднання всіх орогенних гранітоїдів в єдиний генетичний ряд або на основі гранітизації субстрату з подальшою еволюцією виникаючих розплавів, або в вулкано-плутонічних асоціаціях, пов'язаних з еволюцією глибинних базитових розплавів, найбільш прийнятливим є визнання паралельного розвитку гранітоїдів виділених двох типів. В цьому зв'язку важливе значення отримує тектонічний фактор. Звертаючись до закономірностей тектонічного контролю за розподілом продуктів різнотипного магматизму, встановлених в межах Східного Забайкалля, підкреслимо вирішальне значення ступеню проникливості структур щодо магматичних і флюїдних потоків.

3. Походження гранітоїдів обох генетичних типів пов'язане з одними й тими ж потоками глибинних теплоносіїв /флюїдів/, вплив котрих на різновікові метаморфічні і теригенно-вулканогенні утворення субстрату призводить до формування суттєво автохтонних паліогенно-метасоматичних гранітоїдів, а їх взаємодія з базитовими магмами різних глибин - метамагматичних утворень з інтрузивними формами залягання.

З виділеними двома генетичними типами орогенних гранітоїдів, що відрізняються комплексом геолого-структурних і мінералого-петрографічних особливостей, до певної міри співзвучний розподіл гранітоїдів на корові і мантіїні, сіалічні і сіматичні. Після робіт Б.Чапеля і А.Уайта популярною стала схема з S - та I-гранітами, які уявляються продуктами плавлення відповідно метасадових і мантіїних базитових утворень. Разом з суттєвими відмінностями, різнотипні утворення несуть в собі деякі спільні генетичні ознаки, що було причиною появи уявлень про єдиний гранітоїдний генетичний ряд. Матеріали по Східному Забайкаллі, де надійно встановлено вікові співвідношення між утвореннями плутонометаморфічної та вулканс-плутонічної асоціацій, дозволяють запропонувати загальну модель розвитку орогенного магматизму з врахуванням різних механізмів гранітоутворення.

Узагальнюючи дані про утворення борщовочного типу, відзначимо стійкі їх особливості: 1/ безкоренева лінзовидна форма батолітів; 2/ поступові переходи від незміненого субстрату різного віку і складу до гранітоїдів з відповідними стійкими мінеральними парагенезисами; 3/ чітка зональність метаморфічних і палінгенно-метасоматичних перетворень у відповідності з латеральними градієнтами температур; 4/ найбільш пізні формування параавтохтонних гранітів; 5/ взаємообумовленість петрогенних процесів і динамометаморфізму, коли стадії речовинних перетворень розділені етапами дроблення.

Ці та інші особливості сприймаються як свідчення утворення плутонометаморфічної асоціації за участю глибинних тепломасоносів /флюїдів/ із чітко означеною кремній-калієвою спеціалізацією /Мисчик, Шевчук, 1971, 1974; Шевчук 1975, 1981/. Така позиція принципово не відрізняється від уявлень В.В.Тихомирова, О.С.Павленко, В.І.Коваленко, М.І.Кузьміна, Р.С.Суєтенко, Е.Л.Ізоха, І.О.Зотова, Г.Л.Летнікова, Ю.В.Комарова, І.М.Томсона, М.С.Нагібіної та інших дослідників орогенного магматизму азійської частини Тихоокеанського поясу. Для більшості з них генетичний зв'язок калішлатового порфіробластезу, мігматизації і граніто-гнейсового петрогенезису з гранітними ядрами батолітів видається цілком природним. В роботі аналізуються альтернативні підходи, але відстоюється позиція, яка базується на вченні Д.С.Коржинського про роль глибинних флюїдів в еволюції земної кори, розвинутому в працях його послідовників. Такий підхід знаходить підтвердження в даних щодо фізико-хімічних умов формування відповідних комплексів. Проведене автором вивчення температур мінералоутворення для Міжріченського плутону термобарометричними методами показало, що гомогенізація рідких включень у кварці з мігматитової і граніто-гнейсової кайми відбувається в широкому діапазоні температур: 350-650°C, що узгоджується з даними інших дослідників. Особливе значення мають результати вивчення включень магматичного флюїду у кварці гранітів Соктуїнського масиву кукульбейського комплексу /Рейф, 1990/. Автором показано, що більша частина магматичної кристалізації проходила при гетерогенному стані розплаву. Важливим уявляється також висновок про значні масштаби магматичної "дегазації", починаючи з ранніх стадій кристалізації розплаву, яка відбувалась в інтервалі 760-680°C при флюїдному тискові 300-320 МПа. Ф.Г.Рей-

дом підтверджено дані К.І.Бернема і М.В.Епельбаума про високу ефективність транспортування флюїдів крізь розплави у вигляді пухирців розміром 0,1-1 мм.

На користь флюїдної моделі плутонометаморфізму свідчать також теоретичні розрахунки теплових полів в системах з кондуктивним і флюїдно-конвективним теплопереносом, які використовуються при розгляді механізмів формування граніто-гнейсових куполів.

Якщо в питаннях плутонометаморфічного петрогенезису більшість дослідників дотримуються близьких позицій, то в інтерпретації генезису інтрузивних гранітоїдів, що об'єднуються в областях орогенної активізації в вулкано-плутонічні асоціації, склались суперечливі уявлення. Порівняння існуючих позицій і гіпотез, в тому числі тих, що стосуються утворень сретенського комплексу, проводиться в роботі на основі систематизації основних генетичних особливостей: 1. Суміщення ознак глибинної та приповерхневої кристалізації, що прослідковується в тому числі в найбільш поширених порфіровидних різновидностях порід. 2. Широке розповсюдження ознак метасоматичного петрогенезису в безсумнівно магматичних утвореннях з інтрузивним заляганням. 3. Суміщення майже в усіх породних різновидностях ознак утворень кислого і основного складу, що сприймається як вияв "гібридизму" розплавів. 4. Реакційні співвідношення між різновіковими мінеральними асоціаціями, які найбільш яскраво демонструють неодноразову зміну фізико-хімічних умов кристалізації. Такі особливості дозволяють визнати нерівноважність складу порід та особливе значення кварц-калішпатової асоціації, яка, розвиваючись по базису основного складу, порушує режим кристалізаційної диференціації.

Причини нерівноважності або "гібридності" порфіровидних порід Забайкалля переважна більшість їх дослідників схильна бачити в змішуванні магм різного складу або асиміляції ними вміщуваних порід. Оскільки жодна з існуючих гіпотез не пояснює тих чи інших основних особливостей, нами аргументується "іпотеза про утворення гранітоїдів вулкано-плутонічних орогенних асоціацій при взаємодії різноглибинних вихідних розплавів з інтрателурічними флюїдами, що зиконують в цих випадках роль трансмагматичних /Шевчук, 1974; Шевчук, Смірнов, 1981; Шевчук, 1990/. Таке припущення відповідає гіпотезі дебазифікації магм /Коржинський, 1972/ і дозволяє відносити такі гранітоїди до метаматматичних утворень.

На основі аналізу теоретичних /Іерчук, 1982; Зотов, Терцев, 1982; Маракушев, 1988; Жаріков, Гаврилова, 1989 та ін./ і експериментальних /Епельбаум, 1979; 1982 та ін./ досліджень і сукупності емпіричних даних, пропонується наступна модель петрогенезису для гранітоїдів вулcano-плутонічних орогенних серій.

Одночасна реалізація розділеної в часі і просторі, частково або повністю суміщеної міграції магматичних і флюїдних потоків обумовлює значну різноманітність порід як за складом, так і за структурно-текстурними особливостями у зв'язку з різними ступенями проробки флюїдами калій-кремнієвого профілю різноглибинних, найчастіше базитових, магм. При ранній взаємодії розплавів з флюїдами, до досягнення температур кристалізації, внаслідок порівняно швидкого досягнення хімічної рівноваги між флюїдами і розплавом, буде здійснюватись дебазифікація останнього з поступовою зміною загального складу. Умови активного росту вкраплеників калієвого польового шпату і кварцу виникають при зниженні температури та після появи численних кристалів ранньої мінеральної асоціації. Ступінь розвитку вкраплеників та перетворень розплаву залежить від тривалості інфільтрації флюїдів через розплав. Припинення притоку флюїдів при незначній або неповній переробці залишкового розплаву приводить до часткового розчинення вкраплеників та доростання їх іншими мінералами. Зміни умов кристалізації, що залежать від динаміки потоків, можуть мати ритмічний характер. У випадках тривалої флюїдно-магматичної взаємодії, аж до повного завершення кристалізації, утворюються однорідні порфіровидні граніти, а в окремих випадках - кварц-калішпатові породи.

Враховуючи викладені моделі гранітоутворення, умови проникливості корових структур - головну причину диференціації флюїдних потоків на коровому рівні та вікові співвідношення між різнотипними магматичними проявами, на прикладі Східного Забайкалля з'ясована наступна послідовність процесів тектоно-магматичної активізації:

1. Активізація рухів в глибиннорозломних системах на фоні загального підняття, формування брилової структури.
2. Утворення різноглибинних, як правило підкорових, базитових розплавів та ініціювання потоків глибинних флюїдів в зонах декомпресії.
3. Інфільтрація флюїдів кремній-калієвої спеціалізації в

найбільш проникливих розломних структурах та формування в зв'язку з цим лінійних зон ранньої палінгенно-метасоматичної проробки корового субстрату.

4. Інтенсивний наземний вулканізм середнього-основного складу. Флюїдно-магматична взаємодія і розвиток процесів метаматизму при частковому або повному суміщенні шляхів міграції флюїдів та вихідних розплавів.

5. Становлення в високопроникливих зонах тіл вулканоплутонічної асоціації, що відрізняються складом вихідних магм, різним ступенем їх проробки флюїдами та шляхами кристалізаційної диференціації.

6. Зміщення флюїдних потоків та центрів гранітоутворення в ареали з розсіяною проникливістю, в зв'язку з закупоркою розривних структур розкристалізованими інтрузивами, та формування суттєво автохтонних плутонів.

7. Формування склепінно-брилових піднять та компенсаційних западин, активізація сітки розломів, пізні гранітоутворення сублужного складу в лінійних зонах, інтрузії лейкогранітів, пов'язаних з глибинними частинами автохтонних плутонів, при згасанні джерел глибинних тепломасосітів.

Такий взаємозв'язок явищ дозволяє бачити у флюїдних потоках не лише головний фактор орогенного гранітоутворення, а й зв'язуючу ланку між принципово різними типами гранітоїдів.

4. Граніто-гнейсові куполи активізованих складчастих систем - структури полігенні, ранні елементи їх структурного парагенезису формувались в інверсійних полях напружень із субвертикальною орієнтацією осей мінімальних стискуючих /розтягуючих/ напружень, викликаних тепловими аномаліями і процесами плутонометаморфізму, а пізні - пов'язані з прогресуючим діапїризмом та підняттям консолідованих плутонів.

При очевидності тісного взаємозв'язку орогенної тектоніки і магматизму, петрогенних та структуротворчих процесів, його причинно-наслідковий аспект залишається певною мірою проблематичним. В роботі аналізуються співвідношення між магмоконтролюючими та магмотогенними структурами та пропонується їх класифікація. В ранні найважливіших магмотогенних структур, формування яких безпосередньо пов'язане з утворенням гранітоїдів плутонометаморфічних та вулканоплутонічних асоціацій, виділяються відповідно граніто-гнейсові куполи і структури центрального типу

з магматичними ядрами. Витриманість морфологічних характеристик та структурних парагенезисів однотипних структур в різних регіонах свідчать про існування чітких закономірностей та ідентичність механізмів їх формування. В той же час гіпотетичність та певна парадоксальність більшості побудов, що стосуються механізмів структуроутворення, відображає як складність об'єктів, так і недостатній рівень теоретичних основ структурного аналізу. Особливе значення в цьому сенсі отримують сучасні засоби теоретичних розрахунків полів напружень та деформацій, що викликаються різними силовими факторами. В роботі коротко розглянуті основні принципи математичного моделювання геологічних структур, а також визначальні співвідношення і рівняння прикладної механіки деформаційних середовищ. Дана постановка деяких задач: квазістатичної задачі теорії пружності в переміщеннях для однорідного тіла та шаруватого середовища, лінійної в'язкопружності, квазістатичної задачі деформаційної теорії пластичності, задач теплопровідності, термопружності та термопружнопластичності. Коротко розглянуті також чисельні методи розв'язування задач: скінчених елементів, граничних елементів, варіаційно-різницевого, які використовувались в роботі і реалізовані у вигляді пакетів програмних продуктів для СЕОМ IBM PC/AT.

Плутони Борщовочного комплексу та його аналогів в областях орогенної активізації структурно виражені граніто-гнейсовими куполами. В Східному Забайкаллі вони всебічно вивчалися після робіт С.М.Синиці, який показав головну проблематику їх структурної еволюції.

На прикладі граніто-гнейсових куполів Борщовочного хребта нами прослідкована послідовність формування структурно-текстурних елементів та з'ясовані динамічні умови їх формування.

Структурні перетворення синхронізуються з різними етапами розвитку корових теплових аномалій. Перший етап /до стабілізації теплового поля/ відзначається послідовним підняттям ізоград та петрогенними процесами відповідної температурності. Найбільш раннім елементом структурного парагенезису є смугастість мілонітового типу. У випадку структурної незгідності із структурами, в місцях найвищих температурних градієнтів /контактів зони/, потужно проявлена мілонітизація. Спочатку рідкі просічки мілонітів потужністю $n - 10n$ см із падінням від куполів під

кутами 30° - 50° , густо насичують субстрат, зливаючись в бік куполу в круто залягаючі колони мілонітів. При цьому нівелюється склад субстрату і формується мілонітова смугастість. Самі мілоніти масивні або слабосланцюваті. До завершення першого етапу формується рання сланцюватість S_I , виражена субпаралельною орієнтацією порфіробластів калієвого польового шпату. Зони порфіробластезу густо насичуються субпаралельними гранітоїдними прожилками. Утворена таким чином смугастість мігматитового типу орієнтована однаково із сланцюватістю S_I .

На другому етапі - етапі стабілізованого теплового поля та хімічної рівноваги в системі, формується сланцюватість S_{II} , виражена лусками біотиту, лінзочками темнокольорових мінералів та лінзовидними скупченнями дрібнозернистого кварцу. Сланцюватість S_{II} "опливає" порфіробласти калієвого польового шпату і проявлена практично в усіх зонах куполів після більш-менш виразних синкристалізаційних деформацій. Іноді спостерігаються ознаки будиновання із розтягом в площині S_{II} .

На етапі остигання в крайових зонах куполів формується сланцюватість S_{III} , виражена утвореними в низькотемпературних умовах гідрослюдистими агрегатами, розвинутими вздовж площин сковзання слабохвилястої форми, які перетинають під гострим кутом сланцюватість S_{II} . Із сланцюватістю S_{III} тісно пов'язаний кліваж, площини якого несуть сліди сковзання з лінійністю "а"-типу, що перетинають між собою під дуже гострим кутом. Мікроскладчастість в граніто-гнейсових куполах Борщовочного хребта практично відсутня, за виключенням випадків з різко редукованими крайовими зонами.

Вирішенню проблем купольного структуроутворення, широко відомих завдяки працям Н.Е.Вегмана, Е.Кранка, П.Ескола, присвячені численні публікації. Запропоновано значну кількість моделей, серед яких явна перевага надається діаліровому механізму.

Популярність діаліризму пояснюється зрозумілою аналогією з соляними куполами, а також експериментальним та теоретичним відтворенням цього механізму. Після робіт Х.Рамберга та М.В.Гзовського в багатьох лабораторіях отримані фізичні моделі купольних структур на еквівалентних матеріалах, серед яких виділяються центрифужні моделі / Dixon, 1975 та ін./ поряд з цим, розроблено математичні моделі, що базуються на рівняннях гідродинаміки, оскільки середовища, що моделюються, приймаються нестиску-

вчими ньютонівськими рідинами / Berner, Ramberg, Stephanson, 1972; Woigt, 1978; Рамберг, 1985/. В більшості випадків розглядається ізотермічний процес, рідше аналізується вплив температури на розвиток конвекції /Шолянський, 1989; Федорин, 1990/.

В той же час, геологічні дані по фанерозойських граніто-гнейсових куполах не підтверджують універсальності діапирового механізму в процесі куполоутворення, а намагання пояснити формування усіх синметаморфічних структурно-текстурних елементів в одному й тому ж полі напружень приводить до парадоксу, який полягає у зближеному просторовому положенні елементів структури, утворення котрих вимагає заздалегідь різних динамічних умов.

Такі парадокси розв'язуються з позицій багатоетапності, послідовності формування структурно-текстурних елементів в різних полях напружень /Шевчук, 1988/. Саме з таких позицій була висунута теза про існування різних динамічних типів сланцюватості /Шевчук, 1989/. Її докази базуються на даних мікроструктурного аналізу та математичного моделювання.

Петроструктурні дослідження здійснювались по кварцу, гломерозернисті лінзовидні скупчення якого являються одним з проявів сланцюватості S_{II} . Аналіз діаграм показує, що тектоніти крайових зон всіх граніто-гнейсових куполів Борщовочного хребта характеризуються стійким візерунком с-осей деформованого кварцу з чітким проявом одного максимуму, який розпливається по великодуговому поясу перпендикулярно напрямку "а". Співставлення отриманих діаграм з експериментальними / Hobbs, 1968; Lister, Hobbs, 1980/, які відзначались відомою початковою орієнтацією деформованих монокристалів кварцу та заданими умовами деформації, дозволяє стверджувати, що відзначені скупчення дрібнозернистого кварцу формувались в полі напружень із субвертикальною віссю стиснення, але по більш ранніх монокристалах кварцу, які разом з порфіробластами калієвого польового шпату утворювали ранньосинметаморфічну сланцюватість S_I . Тим самим доводиться формування практично однаково орієнтованих сланцюватостей S_I та S_{II} в різних динамічних умовах.

У відповідності із завданнями реконструкції палеотектонічних полів напружень, що визначали синметаморфічне структуроутворення в фанерозойських граніто-гнейсових куполах, здійснена по-

становка і розв'язок серії задач по розрахунках температурних полів в умовах кондуктивного та флюїдно-конвективного теплопереносу, а також по розрахунках полів напружень та деформацій, спричинених об'ємними ефектами глибинних тепломасопотоків та зовнішніми щодо систем куполоутворення силовими впливами.

Постановка задач теплопровідності базувались на співвідношеннях, наведених В.В.Ревердатто та А.С.Калініним /1989/. Розв'язана динамічна задача розвитку корових теплових аномалій, отримані розрахунки теплових полів при різних вихідних та граничних умовах.

Для наступних розрахунків полів напружень і деформацій, викликаних об'ємними ефектами флюїдного потоку, використовувались частково або повністю встановлені температурні поля. Поряд з аналітичними розв'язками деяких задач, широко використовувався ізопараметричний метод скінчених елементів та варіаційно-різницьвий метод. Складено комплекти програмних продуктів для АЕСОМ IBM PC/AT /В.В.Ліхачов, І.С.Кузь/, які дозволяють моделювати поля напружень та деформацій у двомірному варіанті для однорідних, анізотропних, шаруватих середовищ із широким діапазоном параметрів середовища і дії довільних внутрішніх та зовнішніх сил.

В серіях розрахунків, що стосуються впливу на літосферні поля напружень масових сил, поряд із гравітацією досліджувались явища термопружності та об'ємні ефекти плутонометаморфічних фазових перетворень. В них чітко прослідковуються значні можливості цих факторів та стійкість головної закономірності - інверсії літосферних полів напружень під впливом аномальних флюїдних потоків. Поля напружень, що формуються на ранніх стадіях розвитку корових теплових аномалій та явищ плутонометаморфізму, відзначаються субгоризонтальною орієнтацією максимальних стискуючих напружень, та, відповідно, субвертикальною - мінімальних стискуючих напружень. Останні, отримуючи додатні значення в певних зонах, перетворюються в розтягуючі і можуть спричинити появу субгоризонтальних зон декомпресії або розривів. Власне термопружні явища, як правило, не забезпечують досягнення порогових значень головних нормальних напружень. Послідовне збільшення коефіцієнтів об'ємного розширення приводить до пропорційного збільшення їх модулів при збереженні якісної картини поля напружень. Глибина розповсюдження інверсійних полів напружень зале-

жить від співвідношення сил гравітації та сумарних об'ємних ефектів і, при параметрах, близьких до реальних, сягає 10-12 км. Просторова орієнтація головних осей знаходиться в залежності від граничних умов та просторового розподілу в системі зон з різкою зміною об'єму, при повсюдному збереженні інверсійних полів напружень.

З останніми пов'язується формування ранньої сланцюватості S_I та смугастості мігматитового типу. Крім того, високі градієнти максимальних стискуючих напружень по периферії аномалії можуть бути причиною масового дроблення та формування мілонітової смугастості.

Важливою для петрогенних процесів особливістю інверсійних полів напружень слід вважати вирівнювання середніх нормальних напружень /всесторонніх тисків/ на значному діапазоні глибин, в зв'язку з тим, що вони перестають бути лише функцією глибини, залежачи в першу чергу від інтенсивності аномальних потоків.

Інша серія моделей, що відтворює умови другого етапу функціонування флюїдних потоків, після стабілізації теплових полів та досягнення хімічної рівноваги в системах, поєднує вплив на сумарні поля напружень гравітації з додатковими тисками або переміщеннями на їх нижніх границях. Таким чином моделюються початкові етапи розвитку діапїрів в глибинних частинах систем. Ці розрахунки демонструють послідовну переорієнтацію осей головних нормальних напружень до типового їх розташування в нормальних напружених станах з субвертикальною та віальною позицією максимальних стискуючих напружень. Такі поля напружень можуть існувати тривалий час, що залежить від тривалості інфільтрації флюїдів і повинні спричинитись до формування сланцюватості S_{II} , орієнтованої перпендикулярно осям максимальних стискуючих напружень. Остання накладається на ранні структурно-текстурні елементи, часто співпадаючи з ними по просторовій орієнтації. Розвиток пізнього дроблення та мілонітизації в крайових зонах граніто-гнейсових куполів задовільно моделюється відповідними штамповими системами.

Чисельними експериментами окремо досліджувались впливи зовнішніх щодо систем куполоутворення сил, прикладених до бічних границь. Встановлено також відмінності полів напружень та деформацій в пружних та пружно-пластичних однорідних, анізотропних та шаруватих середовищах.

Результати математичного моделювання впливу теплових анома-

лій та явищ плутонометаморфізму на літосферні поля напружень, розрахунки деформацій, що супроводжують ці явища, мають безпосереднє відношення до з'ясування геодинамічних умов орогенного гранітоутворення. Серед класифікацій гранітоїдів у відповідності з тектонічними умовами утворення широке розповсюдження отримала схема Д.О. Кузнецова і О.Л. Яншина з їх розподілом на пізньоорогенні посторогенні. Останні включають і позагеосинклінальні гранітоїди областей тектоно-магматичної активізації. Перший тип включає формації анатектоїдних батолітових гранітоїдів нормальної лужності, а другий – інтрузивні формації різної лужності. Популярна також схема з пізньо- пост- і анорогенними гранітами / Rogers , Greenberg , 1990/. До пізньоорогенних автори відносять мезозойські плутони Сьєрра-Невади, Аляски, Андський та Патагонський батоліти Південної Америки. До числа посторогенних – монзонітоїди Каліфорнії, Китаю, сходу Росії. З точки зору тектоніки плит, орогенні гранітні серії формуються в обстановці сходження плит і корового стиснення, а в зонах корового розтягнення в межах літосферних плит слід чекати позаорогенних рядів гранітоїдів / Bonin, Lameyre , 1978/.

Показана на прикладі Східного Забайкалля принципова суміщеність в часі і просторі гранітоїдних утворень, що повинні, за вказаними схемами, відноситись до пізньоорогенних і посторогенних і формуватись в зовсім різних частинах літосферних плит, свідчить про надмірну спрощеність і ненадійність побудов, які абсолютизують ті чи інші механізми орогенезу, не враховують складнощів в розподілі літосферних полів напружень та еволюції напружених станів. Наведені в роботі розрахунки показують співставимість за величиною та можливими наслідками зовнішніх щодо систем гранітоутворення і внутрішніх сил. Останні викликаються локалізованими тепломасопотоками і мають вирішальне значення для створення тектонофізичних умов формування гранітоїдних плутонів із структурою граніто-гнейсових куполів, завдяки існуванню інверсійних полів напружень. Розрахунки показують також, що аномальні тепломасопотоки неминуче супроводжуються підняттями земної поверхні, в зв'язку з чим можуть бути також фактором відповідного типу орогенезу.

5. Багатофазні інтрузиви метамагматичних комплексів, які виконують роль активних ядер, ініціюють утворення структур центрального типу з послідовним розвитком радіально-кільцевого роз-

рівного парагенезису, що містить потенційно рудовміщуючі структури, інтенсивність розвитку та геометрія віртуальних тріщинних систем, за даними математичного моделювання, першочергово залежать від поведінки магматичних ядер, регіональних полів напружень та глибини ерозійного зрізу.

До так званих "кільцевих структур" відносять формування різної природи /Свєшнікова, 1973; Шарпюнок, 1979; Ішманов, 1985; Петров, 1988 та ін./. В роботі аналізуються лише магматогенні структури центрального типу /СЦТ/, під якими розуміються виражені в рельєфі додатні або від'ємні структури, зобов'язані своїм походженням тривалому розвитку магматичних центрів. Такі структури широко розповсюджені в межах активізованих областей і привертають до себе увагу завдяки суміщенню з важливими рудними об'єктами. У Східному Забайкаллі СЦТ вивчалися нами на прикладі Балеїського рудного району, розташованого в басейні р. Унди, в межах Калангуйсько-Шадоронського тектонічного блоку. З півночі блок обмежується Південноборщовочною, а з півдня - Турга-Туровською системами розломів, котрим, поряд з поперечною Балеїсько-Дарасунською структурою /Томсон, Фаворська, 1968/, належить визначальна роль в геологічному розвитку району, в тому числі на етапі пізньомезозойської орогенної активізації.

СЦТ виявлені за даними морфометричних досліджень, дешифрування космоаерофотоматеріалів та інтерпретації геофізичних даних. Геологічний аналіз віддешифрованих радіально-кільцевих форм дозволив виділити СЦТ різної будови. Серед додатніх структур в районі виділені плутонічні /Саранна, Голготайська, Сосновська/ та вулканоплутонічні /Лілінська, Андрюшкінська, Буторовська-Голготайська/. Поряд з додатніми СЦТ описані також від'ємні структури. Одні з них розташовуються в полі розвитку вулканітів шадоронської серії /Онхівська, Єрляківська, Дояконська/, інші - вздовж Південноборщовочної зони розломів /Балеїська, Йолкінська, Куніканська/.

Різноманітність СЦТ за розмірами, стабільністю розвитку, ступенем "зрілості", повнотою структурного парагенезису та типом зруденіння обумовила появу різних точок зору щодо їх генезису. Існуючі уявлення про механізми структуроутворення в СЦТ пов'язуються з появою та еволюцією глибинних магматичних резервуарів. Динамічним впливом магматичних мас пояснюється виникнення різномасштабних склепінних /вогнищевих/ структур /Томсон,

Гаворська, 1973; Томсон та ін., 1992/. Зміною тисків на покрівлю та її різнонаправленими переміщеннями пояснюють суміщення структурних парагенезисів додатніх та від'ємних форм, утворення кільцевих розривів, просідання центральних блоків і т.ін. /Уіссер, 1964/. Гіпотетичні побудови, що базуються на геологічних даних, знаходять підтвердження завдяки математичному моделюванню /Белов, Вальков, Бурмістров, 1966 та ін./.

В загальній еволюції СЦТ особливий інтерес викликають пізньомагматичний та постмагматичний етапи в зв'язку з процесами рудогенезу. На цих етапах формуються консолідовані магматичні гранітоїдні ядра СЦТ, що стають потужним фактором локального структуроутворення. Їх роль показана в роботі на прикладі вулканоплутонічної Аліїнської СЦТ, радіально-кільцева система якої була виявлена при геоіндикаційному дешифруванні космосаерофотознімків /Колодій, 1985; Колодій, 1988/. Проведені дослідження дозволили визначити співвідношення радіально-кільцевої сітки розривів з еволюцією рудно-магматичного центру, встановити головні етапи формування СЦТ та аргументувати його механізм /Шевчук, Колодій, 1989/. Показано просторове суміщення розривного каркасу з рудно-магматичним центром тривалого розвитку і поступове, імпульсне формування радіально-кільцевої сітки тріщин, що дозволяє пов'язувати механізм розривоутворення з диференційним характером тектонічних рухів в межах СЦТ.

Магматичне ядро структури, найбільш раннім формуванням якого є складний габро-монзонітовий масив, сформувалося в результаті середньо-пізньюрської магматичної діяльності. Центральну позицію в віддешифрованій радіально-кільцевій системі розривів займає Кольчихінський шток граносієніт-порфірів, що успадковує разом з габро-монзонітовим масивом субширотну розломну зону тривалого розвитку. Ранні утворення строкатого за складом субвулканічного комплексу також приурочені до успадкованих міжблокових розломів фундаменту, а пізні - часто займають позицію в нових, радіальних щодо магматичного ядра розривів. Наступні етапи СЦТ фіксуються завдяки багатостадійному рудному процесові. Найбільш ранні жили з кварц-турмаліновою та кварц-молібденовою мінералізацією тяжіють до радіальних розривів центральної частини структури. Подальше нарощування радіальних розривів фіксується зональним розподілом мінералізації помірно-сульфідної формації середніх глибин, яка формується в інтервалі температур 470-60°C.

В напрямку від центру СЦТ до її периферії високотемпературні мінеральні асоціації змінювались все більш низькотемпературними. На післяпродуктивній стадії проявилися кільцеві розриви з характерною низькотемпературною мінералізацією. Завершення формування радіально-кільцевого розривного парагенезису СЦТ пов'язується з пліоцен-ранньочетвертичними вертикальними рухами. На всіх означених естапах інтрузивне ядро СЦТ виконувало роль своєрідного "шипа", який поступово формував довкола себе радіально-кільцеву сітку розривів і тріщин.

Головним завданням моделювання були розрахунки полів напружень і деформацій, що створюються жорсткими і пружними ядрами довільної форми і розмірів в пружному і пружно-пластичному середовищах в умовах гравітації, що розширює можливості вже існуючих моделей /Сандомирський, Ашкеназе, 1980; Белов та ін., 1986; Сандомирський, Старостін, 1987/. За допомогою комп'ютерної програми, складеної І.Б.Бутитером на основі методу граничних елементів, досліджувались однорідні і шаруваті середовища, а також різні початкові і граничні умови. Отримано серії двомірних моделей полів напружень та деформацій, викликаних різними структуроутворюючими факторами та їх комбінаціями /Шевчук, Коровайчук, 1992/.

Показано вирішальне значення автономної активності магматичних ядер для формування тріщинно-розривних парагенезисів СЦТ. При розмірах ядер в перші кілометри достатньо кількометрових піднять або опускань ядра для досягнення порогових значень нормальних та дотичних напружень і, відповідно, широкомасштабного тріщиноутворення. Встановлено зони віртуального тріщиноутворення та геометрію тріщин сколу і відриву в широкому діапазоні вихідних і граничних умов. Окремо моделювався вплив регіональних полів напружень на локальне структуроутворення в межах СЦТ. Доведено суттєвий вплив додаткових стиснень-розтягнень на границях систем на орієнтацію осей головних нормальних напружень та їх кількісні характеристики. Численні моделі СЦТ з пружними активними ядрами, властивості яких відрізняються від властивостей зміщуючого середовища, демонструють різку зміну просторової орієнтації траєкторій осей головних нормальних напружень та, відповідно, геометрії тріщин на границях ядра, в межах останнього траєкторії мають, як правило, горизонтально-вертикальну орієнтацію.

Результати моделювання, що виконувалось з врахуванням пара-

метрів реальних СДТ, успішно використовувались в комплексі з матеріалами дешифрування космоаерофотоматеріалів, геологічних, геофізичних, геохімічних та термобарогеохімічних досліджень при прогнозно-пошукових і розвідувальних роботах на рудних об'єктах Валейського рудного району.

ВИСНОВОК

Проведені дослідження, що просувають у вирішенні важливих проблем тектоніки, магматизму і металогенії областей тектоно-магматичної активізації, базувались на комплексному вивченні геологічної будови та розвитку складного Східнозabayкальського регіону. Такий підхід дозволив показати вплив крупних структур древнього закладення - Монголо-Охотського глибинного розлому і фрагментів ранньої континентальної кори на розвиток активізаційних процесів, зокрема, гранітоїдного магматизму. Встановлено, що різнопроникливі структури виступали регуляторами флюїдних потоків, яким в запропонованій моделі орогенного гранітоутворення відводиться вирішальна роль як в формуванні метамагматичних, так і палінгенно-метасоматичних породних асоціацій. При цьому флюїди розглядаються не лише як універсальний тепломасоносії, але й як основний фактор локального структуроутворення, що доводиться з залученням математичного моделювання. Численні розрахунки теплових полів, полів напружень і деформацій, які дозволили аргументувати механізми формування граніто-гнейсових куполів і магматогенних структур центрального типу, встановити умови інверсії літосферних полів напружень під впливом теплових аномалій і явищ плутонометаморфізму, з усією очевидністю свідчать про можливість і високу ефективність використання чисельних методів в геологічних дослідженнях.

ОСНОВНІ РОБОТИ АВТОРА ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Стрoение западной окраины Пологинского гранито-гнейсового купола /о юрской гранитизации в Пришилкинской подвижной зоне Восточного Забайкалья/ // Геол. сб. 1970. № 13. - С. 146-153 /співавтор: Ю.Ф.Мисник/.
2. Домезозойские бластомилониты шовной зоны Монголо-Охотского глубинного разлома// Вопросы геологии Прибайкалья и Забайкалья: Сб. - Чита, 1972. - Вып. 2. - С. 19-21 /співавтор: Ю.Ф. Мисник/.
3. Основные черты докембрийской и раннепалеозойской струк-

туры Пришилкинской зоны Монголо-Охотского глубинного разлома// Геол. сб. 1973. № I. - С. 157-164 /співавтор: Ю.Ф.Мисник/.

4. Мезозойская тектоника и магматизм Пришилкинской подвижной зоны// Сов. геология. 1974. № 2. - С. 130-135 /співавтор: Ю.Ф.Мисник/.

5. Распределение образований станового комплекса южнее Монголо-Охотского глубинного разлома// Магматические и метаморфические комплексы Восточной Сибири. - Иркутск, 1974. - С. 169-170.

6. Пришилкинская зона Монголо-Охотского глубинного разлома// Проблемы тектоники и магматизма глубинных разломов. Т. 31. - Львов: Изд-во Львов. ун-та, 1975. - 160 с. /співавтор: Ю.Ф.Мисник/.

7. К генезису пород сретенского интрузивного комплекса /Восточное Забайкалье/ // Магматические и метаморфические комплексы Восточной Сибири. - Иркутск, 1974. - С. 130-131.

8. Петрографические особенности палингеннометасоматически переработанных гранитов сретенского массива /Восточное Забайкалье/ // Вопросы геохимии, минералогии, петрологии и рудообразования. - К.: Наукова думка, 1975. - С. 87-90.

9. Позднемезозойский серпентинитовый меланж в Пришилкинской зоне /Восточное Забайкалье/ // ДАН СССР. 1977. Т. 232, № 6. - С. 1395-1398 /співавтор: Ю.Ф.Мисник/.

10. Кулисные ряды офиолитов в системе Монголо-Охотского глубинного разлома /Пришилкинское звено/ // ДАН СССР. 1979. Т. 248, № 3. - С. 689-692. /співавтор: Ю.Ф.Мисник/.

11. Возрастные соотношения гранито-гнейсовых куполов Борщовочного хребта с позднемезозойскими вулкано-терригенными впадинами /Восточное Забайкалье/. 1979. - Деп. в ВИНТИ № 629-79.

12. Динамика формирования Междуреченского гранито-гнейсового купола по данным микроструктурного анализа /Восточное Забайкалье/. 1979. - Деп. в ВИНТИ № 630-79. /співавтор: Рибачок С.Л./.

13. Восточно-Забайкальская древняя глыба и роль ее в развитии региональной структуры// Геотектоника. 1980. № 3. - С. 25-37. /співавтор: Ю.Ф.Мисник/.

14. Гидротермальные процессы в обрамлении гранито-гнейсовых куполов Борщовочного хребта// Геол. рудн. полезных ископаемых Забайкалья и смежных территорий. - Чита, 1981. - С. 34-36 /співавтор: Ю.Ф.Мисник/.

15. Особенности генезиса мезозойских гранитоидов Восточного Забайкалья и их отражение в химизме пород // ДАН СССР. 1981. Т. 256. № 3. - С. 669-673. /співавтор: Б.І.Смірнов/.
16. Структурная позиция Карийского рудного поля // Вопросы региона. геологии и металлогении Забайкалья. - Чита, 1981. - С. 87-88 /співавтор: Ю.Ф.Мисник/.
17. Балейский рудный район - фрагмент Кличкинско-Дарасунской поперечной структуры // Тез. докл. Всесоюз. совещ., Москва, 11-13 ноября 1986 г. - М., 1986. - С. 177-179 /співавтор: О.М. Колодій/.
18. Космо-аэрофотоматериалы - основа интерпретации геологических данных /на примере Балейского рудного района/ // Исслед. Земли из космоса. 1986. № 3. - С. 44-49 /співавтор: Ю.Ф.Мисник, О.М.Колодій/.
19. Структурная позиция гранито-гнейсовых куполов Борщовочного хребта /Восточное Забайкалье/ // Изв. вузов. Геол. и разведка. 1987. № 5. - С. 33-36.
20. Тектониты краевых зон гранито-гнейсовых куполов Борщовочного хребта /Вост. Забайкалье/ // Структурный анализ кристаллических комплексов. - Тез. докл. П Всесоюз. школы. Москва, 1988. - С. 101-102.
21. Структуры центрального типа Балейского рудного района в Восточном Забайкалье // Космические исследования геологических объектов литосферы. - Ташкент: Фян, 1988. - С. 81-88 /співавтор: О.М.Колодій/.
22. Типы сланцеватости в гранито-гнейсовых куполах Борщовочного хребта /Восточное Забайкалье/ по данным тектонофациального анализа. Тез. докл. I тектонофациального совещания. 21-23 марта 1989 г. - Алма-Ата, 1989. - С. 61-62.
23. Использование космических снимков для анализа механизма формирования локальных кольцевых структур /на примере Алиинской структуры в Восточном Забайкалье/ // Исслед. Земли из космоса. 1989. № 6. - С. 23-28.
24. Поля напряжений и разрывные парагенезисы в структурах центрального типа по данным математического моделирования // Тектонофизические аспекты разломообразования в литосфере: Тез. докл. Всесоюз. совещ. Разломообразование в литосфере: Тектонические аспекты, Иркутск, 29 янв. - 1 февр. 1991 г. - Иркутск, 1990. - С. 122.

25. О происхождении порфировидных и рапакививидных гранитов // Мин. сб. 1990. Вып. 2., № 44. - С. 104-111.

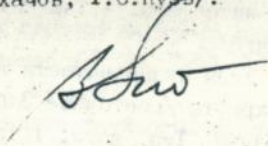
26. Тепловые аномалии в коре и вызванные ими поля напряжений /математическое моделирование/ // Структура и геодинамика земной коры и верхней мантии: Тез. докл. Междунар. конф. /Москва, 25 февр. - 3 марта 1991 г./ - М., 1991. - С. 132-133 /співавтори: І.М.Коровайчук, І.Б.Бутитер/.

27. Условия формирования структурного парагенезиса фанерозойских гранито-гнейсовых куполов по данным моделирования // Механизмы структурообразования в литосфере и сейсмичность. Тез. докл. III Всесоюз. Симпозиума. "Экспериментальная тектоника в решении задач теорет. и прикл. геол." /Москва, 30 янв. - 1 февр. 1992 г./ - М., 1991. - С. 112-113.

28. Математическая модель структуры центрального типа с жестким ядром // Геология и геофизика. 1992. № 2. - С. 31-36 /співавтор: І.М.Коровайчук/.

29. Розрахунки полів напружень в земній корі, які викликані тепловою аномалією // Тези I Міжнар. симпозиуму українських інженерів-механіків. - Львів, 1993 р. - С. 116 /співавтори: І.Б.Бутитер, І.М.Коровайчук, І.С.Кузь/.

30. Инверсия литосферных полей напряжений под воздействием тепловых аномалий // Тез. докл. Первого международного семинара "Напряжения в литосфере" /Москва, 19-23 сент. 1994 г./ - М., 1994 /співавтори: В.В.Ліхачов, І.С.Кузь/.



Шевчук В.В. Гранитоиды областей мезозойской орогенной активизации и механизмы магматогенного структурообразования (на примере Восточного Забайкалья).

Диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности - 04.00.01 - общая и региональная геология. Львовский государственный университет им. Ив.Франко. Львов, 1995 г.

Защищается 40 научных работ, которые содержат результаты комплексного изучения орогенной тектоники, магматизма и магматогенного структурообразования Восточного Забайкалья. Установлен унаследованно-наложенный характер орогенной активизации, выделены гранитоиды двух генетических типов, формировавшихся при участии глубинных флюидов, аргументированы механизмы формирования гранито-гнейсовых куполов и структур центрального типа с магматическими ядрами. На основе математического моделирования установлены условия инверсии литосферных полей напряжений под воздействием аномальных тепломагнетоспотоков.

Ключевые слова: орогенез, гранитообразование, гранито-гнейсовые купола, структуры центрального типа, математическое моделирование.

Shevchuk V.V. Granitoids of the areas of Mesozoic orogenic stirring up and mechanisms of magmatogenic structure forming (on example of Eastern Transbaikalian Area).

Doctor thesis on speciality 04.00.01:- General and Regional Geology. Lvov State University. Lvov, 1995.

40 science works are being defended which contain the results of complex researches of orogenic tectonics, magmatism and magmatic structure forming of Eastern Transbaikalian Area. Ascertained inherit-imposed character of orogenic stirring up; marked out granitoids of two genetic types, which had been formed with the participation of abyssal fluids; argued the mechanisms of forming of granite-gneiss domes and central type structures with magmatic cores. Ascertained the conditions of lithospheric stress fields inversion caused by anomalous thermomass streams on the base of mathematical modelling.

Key words: orogenesis, granite forming, granite-gneiss domes, central type structures, mathematical modelling.

Підписано до друку 12.12.94. Формат 60×84/16. Папір друк. МІ.
Друк офсет. Умовн. друк. арк. 2,6 . Умовн.-фарб. відб. 2,6
Обл.-вид. арк. 2,7 . Тираж 100. Зам. 424 .

Машинно-офсетна лабораторія Львівського державного

університету ім.І.Франка. 290602 Львів, вул. Університетська, 1.

456850

AB 31.612

AB 31.612