

СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МПИ

УДК 553.62

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ТОЛЩ СТРОИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В МУЙСКИХ ВПАДИНАХ

Коломиец В.Л., к.г.-м.н., Геологический институт СО РАН, Бурятский
государственный университет, г. Улан-Удэ

Муйская система впадин Северного Прибайкалья объединяет ряд отрицательных тектонических морфоструктур – Муяканскую, Среднемуйскую, Муйско-Куандинскую и Парамскую котловины. Особенностью их строения является наличие полигенетического комплекса больших по мощности осадочных образований. Так, в предгорных частях, в устьях водотоков различного порядка происходило образование конусов выноса, которые привели к возникновению сплошных подгорных пролювиальных равнин. Здесь же весомая роль принадлежит и другим аккумулятивным формам флювиогляциального, лавинного, обвально-осыпного и солифлюкционного происхождения. Напротив, днища впадин в течение всего периода их развития являли собой бассейны седиментации преимущественно озерно-речных отложений, слагающих не менее восьми разновысотных террасовых уровней. Следовательно, такое литологическое разнообразие рыхлых отложений является надежным базисом для нерудного сырья, применяемого в строительной промышленности.

Песок для производства силикатных изделий. Пригодность отложений для производства силикатных изделий автоклавного твердения устанавливается ОСТом 21-1-80, согласно которому пески на поисковом этапе должны соответствовать следующим условиям (в %): 1) фракция 10-5 мм – ≤ 10 ; 2) фракция $< 0,14$ мм (A_0) – ≤ 70 ; 3) фракция $< 0,05$ мм (алевритовые и глинистые частицы) – ≤ 20 ; 4) модуль крупности (M_k) – не нормируется. На стадии детальной разведки устанавливается химический состав песков (в %) – содержание SiO_2 – ≥ 50 ; $Na_2O + K_2O$ (в пересчете на Na_2O) – $\leq 7,2$; сернистых и сернокислых соединений (в пересчете на SO_3) – $\leq 2,0$; слюды – $\leq 0,5$. Исходя из таких требований, перспективными являются те генотипы осадочных образований, для которых наиболее свойственны размерности частиц от 10 до 0,01 мм. Этому диапазону соответствуют аллювиальные, пролювиальные, озерные, озерно-ледниковые и эоловые осадки. Данная совокупность, особенно флювиальная и лимническая группы аквального парагенетического ряда, занимает господствующее положение в перечисленных впадинах.

Аллювиальный и *лимнический* генотипы, слагающие террасовый комплекс котловин, являются главными источниками запасов силикатных песков и с ними связаны наиболее крупные по запасам месторождения силикатных песков: Конфликтное, Тукалакta, Левомуйское, Старый Витим, Бурдуковское, Перемышка.

Месторождение **Конфликтное** расположено в 4 км восточнее 710 км БАМа. Сложено озерно-речными и аллювиальными мелко-среднезернистыми, кварц-полевошпатовыми песками средне-позднечетвертичного возраста (VI-V, III-II уровни). Площадь распространения полезного компонента составляет 5 км² при вскрыше до 0,5 м и глубиной отработки 5-10 м (прогнозные запасы – 50 млн. м³). Пески находятся в сыпучемерзлом состоянии, что позволяет проводить круглогодичную механизированную отработку карьерным способом.

Продуктивная толща месторождения **Тукалакta** (нижнее течение р. Большая Тукалакta) представлена разновозрастными кварц-полевошпатовыми среднезернистыми песками. Полезная площадь составляет 33 км² при вскрыше до 0,5 м и глубине отработки в 20 м. Прогнозные запасы – 620 млн. м³.

Месторождение **Левомуйское** (окрестности с. Усть-Муя) выполнено кварц-полевошпатовыми средне-мелкозернистыми песками речного и озерно-речного генезиса средне-позднечетвертичного возраста (V-II террасовые уровни), по химсоставу не содержит вредных примесей. Перспективная площадь – 11 км², вскрыша до 1 м, глубина разработки – 20 м, прогнозные запасы – 209 млн. м³.

Месторождение **Старый Витим** простирается по левобережью протоки Старый Витим. Толща полезного компонента образована кварц-полевошпатовыми средне- и средне-мелкозернистыми песками ранне-среднечетвертичного возраста (VI-IV террасовые уровни). Занимает территорию в 4 км², вскрыша – 0,5-1,0 м, глубина отработки – до 30 м, запасы – 77 млн. м³. Перспективная площадь месторождения может быть значительно расширена (до 35 км²) за счет распространения подобного комплекса отложений по периферии и на правобережье р. Мудирикaн.

Месторождение **Бурдуковское** открыто в нижнем течении р. Мудирикaн на песчаном террасоувале (VII-IV уровни, кварц-полевошпатовые мелко-среднезернистые пески). Условия отработки менее благоприятные, характерна невыдержанность состава и мощности полезной залежи. Площадь – 35 км², вскрыша – 0,5-1,0 м, мощность продуктивной толщи – 20 м, запасы – 150 млн. м³.

Месторождение **Перемышка** расположено в 1 км севернее 708 км БАМа. Состоит из мелко-среднезернистых, кварц-полевошпатовых песков позднечетвертичного возраста (II надпойменная терраса). Занимаемая территория – 0,3 км², вскрыша – 0,5 м, глубина отработки – 10 м, запасы – 3 млн. м³, инженерно-геологические условия – удовлетворительные.

Напротив, для *пролювиальных отложений* процент пригодности проб (ППП) не высокий, они выборочно соответствуют в пределах периферийных фаций предгорных шлейфов и конусов выноса (табл.). Проявления характеризуются как мелкие. Ввиду ограниченного развития отложений *ледникового* парагенетического ряда в днищах впадин и подчиненной роли флювио- и лимногляциальных генотипов перспективы их использования весьма ограничены (ППП – <10).

Песок для строительных работ. Пригодность песка определяется техническими условиями ГОСТа 8736-93. Основные требования предъявляются только к зерновому составу: определенному процентному содержанию фракций и значению модуля крупности (M_k). Так, песок, используемый в строительных штукатурно-кладочных растворах, должен содержать в процентном содержании: 1) фракция >10 мм – ≤0,5; 2) фракция 10-5 мм – ≤10; 3) фракция <0,14 мм (A_0) – ≤20; 4) глинистые частицы – ≤5-7; 5) M_k – ≥1,0. Завышенное содержание A_0 по региону обуславливает избирательность оценок при выборе перспективных площадей.

Процент пригодности проб по Муйской системе впадин

Генотип	Сырье для строительной промышленности				
	Силикатные пески	Строительные пески	Крупные заполнители	Мелкие заполнители	Стекольные пески
aQ_4^2	н/пр	н/пр	н/пр	н/пр	н/пр
aQ_4^1	62,0	28,6	9,5	9,5	н/пр
$a^1Q_3^4-Q_4^1$	100,0	100,0	н/пр	20,0	н/пр
$a^2Q_3^2$	82,4	41,2	н/пр	17,7	74,4
$a^3Q_3^1$	81,6	67,4	н/пр	32,6	36,7
$la^4Q_2^{3+4}$	100,0	86,4	н/пр	25,0	57,1
$al^5Q_2^{1+2}$	88,2	88,8	н/пр	48,0	32,2
$al^6Q_1^2-Q_2^1$	91,1	71,0	н/пр	36,7	24,3
$al^7N_2^3-Q_1^1$	89,6	59,7	н/пр	38,8	62,7
ар, р	49,6	27,6	25,6	18,9	38,6
af, f	8,3	н/пр	89,5	н/пр	н/пр
g	н/пр	н/пр	85,7	н/пр	н/пр

Поэтому на поисковой стадии работ пристальный взгляд следует обратить на фациальную изменчивость в пределах каждого генотипа. Ведущим условием прогнозных оценок является выделение таких фациальных групп и отдельных фаций, гидродинамический режим накопления которых дает материал, удовлетворяющий запросы ГОСТа. Максимальное значение представляют группы русловых и пойменных фаций: фация прирусловой отмели, фация перекаатов, фация прирусловых валов, группа фаций смешанного озерно-речного генезиса и фации береговых и прибрежных отложений озерной группы.

Речные и озерные отложения занимают главенствующее положение в разведанных и опосредованных ресурсах строительного песка. В целом,

высокие возможности связаны, прежде всего, с террасовым комплексом. К разновозрастным осадкам его относятся месторождения строительного песка: Бурдуковское (площадь – 35 км², запасы – 150 млн. м³), Конфликтное (5 км²; 50 млн. м³), Тукалакта (33 км²; 880 млн. м³), Левомуйское (11 км²; 209 млн. м³), Старый Витим (4 км²; 77 млн. м³), Перемышка (0,3 км²; 3 млн. м³).

ППП для *пролювиальных отложений* ниже среднего и имеет примерно равные показатели по всем впадинам. Нормы ГОСТа удовлетворяют фации периферийной зоны предгорных шлейфов и конусов выноса, а также разобщенные слои вершинной зоны. Роль этого генотипа, как и *ледниковых отложений*, может возрасти при фракционировании отложений с получением песка-отсева.

Пески и песчано-гравийные смеси как заполнители в бетоны. Годность рыхлых образований для тяжелых бетонов – крупных и мелких – определяется техническими требованиями к заполнителям ГОСТа 12730-0-78 (1994).

Крупными заполнителями являются как природные компоненты в виде окатанных и неокатанных разностей размером от 3 до 150 мм, так и материал, получаемый при дроблении. При этом устанавливается фракционный ассортимент, плотность, прочность, содержание зерен пластинчатой и игловатой формы, водопоглощение, морозостойкость, включения алевритовых и глинистых частиц, петрографический состав, органические примеси. Наибольший интерес для крупных заполнителей представляют *аллювиальные и пролювиальные отложения* – пристрежневая фация, маломощные гравийно-галечные толщи фации прирусловой отмели, фация вершинной зоны конусов выноса. Террасовый комплекс промышленным значением не обладает.

Ледниковые отложения. Перспективны конечно-моренные и водно-ледниковые образования, ППП в естественном виде самый высокий, после предварительного фракционирования может достичь максимального предела. К этому генотипу относятся Мудириканское и Право-Муяканское месторождения.

Месторождение **Мудириканское** находится на междуречье рр. Мудирикан – Аневиркан в 25 км к югу от п. Таксимо. Продуктивная толща состоит из среднечетвертичных флювиогляциальных песчано-галечно-валунных отложений и сложена пластовыми, пластообразными телами с невыдержанным строением, мощностью, а также изменчивым количеством полезного компонента. Окатанность гальки и валунов хорошая, лещадная форма обломков встречается крайне редко. Территория месторождения составляет 1 км², глубина отработки – 20 м, запасы 12 млн. м³. Прирост запасов может быть увеличен за счет двух участков, имеющих сходное геологическое строение, – Левомудириканского (3 км², 8 млн. м³) и Право-Аневирканского (4 км², 9 млн. м³), сумма всех запасов составит 29

млн. м³. Инженерно-геологические условия благоприятные – «сухая мерзлота» позволяет круглогодичное механизированное извлечение полезного компонента.

Песчано-гравийная смесь этого месторождения после удаления валунно-галечного материала (>70 мм) пригодна в качестве заполнителя в тяжелые марки «200-300» и гидротехнические бетоны. В естественном виде может использоваться для отсыпки основания и нижнего слоя автодорог 3-й категории в суровых климатических условиях (СНиП 1-Д.2-79). Вскрышные породы (суглинки), а также подстилающие моренные глины и глинистые алевриты представляют интерес в качестве связных грунтов для гидротехнических сооружений.

Месторождение **Право-Муяканское** (слияние рр. Муякан и Оран-Муяканский в 2,5 км южнее п. Северомуйск) выполнено песчано-галечно-валунными флювиогляциальными и озерными отложениями среднечетвертичного возраста. Площадь – 5,5 км², вскрыша – 0,5 м, глубина отработки – 2-10 м, прогнозные запасы 15 млн. м³. Помимо крупных заполнителей, осадки в естественном виде могут использоваться также в виде отсыпок основания и нижнего слоя автодорог и железнодорожной насыпи (СНиП-IV-10).

Мелкими заполнителями бетонов могут быть все разновидности песков из аллювиального, озерного, пролювиального, флювио- и лимногляциального генотипов. Нормативные содержания компонентов следующие (в %): 1) фракция 5-2,5 мм – <20; 2) фракция <0,14 мм – <10; 3) алевритово-глинистые частицы – 1-3; 4) модуль крупности – 1,5-3,25.

Речные и озерные отложения. Мелкие заполнители образуются преимущественно фациями прирусловой отмели русловой группы, фациями приречной зоны и русел пойменной группы, а также фациями проточных озерных водоемов. В морфологическом отношении это осадки высокой поймы и низких террас – месторождения Конфликтное (5 км²; 50 млн. м³), Тукалата (33 км²; 440 млн. м³), Левомуйское (0,35 км²; 7,2 млн. м³).

Пролувиальные отложения. ППП очень низкий (единичные контуры фации периферийной зоны), как мелкие заполнители значения не имеют. Соответствующая смесь может быть получена при добыче крупных заполнителей в виде добавочного продукта. Для *ледниковых отложений* ППП отрицателен.

Сырье для стекольной промышленности. В основе установления качества сырья для стекольной промышленности являются технические требования ГОСТа 13451-77, которые сводятся к установлению процентного зернового и химического состава осадков: 1) фракция 1,25-0,63 мм – ≤5; 2) SiO₂ – ≤80; 3) Na₂O+K₂O – ≥7; 4) Al₂O₃ – ≥11.5; 5) Fe₂O₃ – доля варьирует от 0,2 до ненормированности для разных марок материалов. Среди *аллювиального* и *лимнического генотипов* пригодны

фация внутренней зоны поймы, группа старичных фаций и отложений вторичных водоемов пойм, группа фаций лимно-аллювиального генезиса и фация внутренних частей озер. Повышение содержания Fe_2O_3 до 2-5% исключают их использование для изготовления листового и оконного стекла, но они могут применяться для производства изделий из темно-зеленого и тарного стекла (марка КПШС-Н-11,5).

Таким образом, можно констатировать, что рыхлые отложения Муйской системы впадин являются серьезной сырьевой базой строительных материалов. Наиболее перспективными выступают речные и озерно-речные отложения. Они имеют наибольшее площадное распространение, для них характерна выдержанность строения, постоянство состава, большая мощность полезных горизонтов, крупные запасы в десятки и сотни миллионов м³. Осадки пролювиального и ледникового генезиса являются второстепенными объектами. Добыча на месторождениях может вестись круглогодично механизированным карьерным способом. Наличие сети железных и автомобильных дорог позволит производить вывоз нерудного сырья за пределы региона.

Литература

1. Коломиец В.Л. Седиментогенез плейстоценового аквального комплекса и условия формирования нерудного сырья суходольных впадин Байкальской рифтовой зоны: Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук. – Иркутск, 2010. – 18 с.

УДК 553.076

МОРФОЛИТОГЕНЕЗ ЗОЛОТОРОССЫПНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МУХОР-ГОРХОН (СЕЛЕНГИНСКОЕ СРЕДНЕГОРЬЕ)

Коломиец В.Л., к.г.-м.н., Геологический институт СО РАН, Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ
Будаев Р.Ц., к.г.-м.н., Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ

Месторождение мелкого золота «Мухор-Горхон» расположено в долине одноименной реки, левого притока р. Курба, в приводораздельной части хр. Улан-Бургасы (Западное Забайкалье). Оно принадлежит Ямбуй-Абага-Толутайскому золотороссыпному узлу, включающему в себя ряд мелких месторождений. Золотодобыча в этих краях ведется более ста лет [1]. Характерной особенностью рассматриваемых россыпей являются относительно небольшие запасы полезного компонента, высокая глинистость отложений и существенная доля в них мелких и тонких фракций золота.

Исследованный район расположен в области средне- и низкогорного рельефа, глубина эрозионного вреза достигает 300-400 метров. Вершины

гор куполообразные, сглаженные, часто покрыты крупноглыбовыми курумами с редкими останцами выветривания. Слаборасчлененные склоны гор имеют выпукло-вогнутый продольный профиль. Долины U-образные и трапециевидные, в зависимости от порядка водотоков ширина их днщ колеблется от 0,1 до 1,3 км. Продольные уклоны долин изменяются от 7-8 до 10-12 м/км. Мощность аллювиальных отложений достигает при этом 2-6 м.

В геологическом строении территории принимают участие раннепалеозойские гранитоиды витимканского комплекса и венд-кембрийские известняки, доломиты, микросланцы, вулканиты кислого и среднего составов. Золотое оруденение связано с маломощными кварцевыми жилами и прожилками среди гранитоидов.

Геологическое строение россыпи нами изучено в 8 км выше устья р. Мухор-Горхон. Днище долины на этом участке занято поймой, а в прибортовых частях – узким коллювиально-делювиальным подгорным шлейфом. Вертикальный разрез осадков в этой части россыпи имеет следующий вид (сверху вниз):

- 1) почвенно-растительный слой мощностью 0,2 м;
- 2) песок гравелистый с редкой галькой мощностью 0,5 м;
- 3) гравийно-галечные отложения с валунами, с глинисто-песчаным заполнителем мощностью 0,6 м;
- 4) валунные галечники с песчаным заполнителем мощностью 1,1 м;
- 5) галечно-валунно-гравийные отложения с песчаным заполнителем мощностью 0,85 м;
- 6) гравийно-галечные отложения с песчаным заполнителем, с примесью валунов мощностью 1,25 м;
- 7) плотик, представленный гранитоидами, с зоной дезинтеграции мощностью до 10 см.

Общая мощность отложений равна 4,5 м.

Толща состоит из гравийно-галечно-песчаных осадков (средневзвешенный размер частиц, x равен 15,97-21,12 мм), гравийных галечников ($x=13,13-18,96$) и гравелистых песков ($x=5,83$) мощностью 0,7 м, перекрывающих с поверхности более крупный субстрат. Механический состав породы характеризуется следующим соотношением основных градаций: валуны – до 5%, галька – 7,1-50,7% с преобладанием средней размерности (фракция 40-20 мм), гравий – 11,8-25,0% с доминантой мелкого (фракция 5-2,5), песок – 29,2-71,2% большей частью крупный (фракция 1,25-0,63), грубый (2,5-1,25) и средний (0,63-0,315). Алевритово-глинистая часть находится в пределах 0,9-17,3% (рис.).

Внешний облик псефитовой составляющей характеризуется сплюсненно-сфероидной (32,9%), продолговато-сфероидальной (22,4%), сферической (21,0%), плосковытянутой сфероидальной (14,5%), и дисковидной (6,6%) формами. Единичны плоско вытянутые диски (2,6%).

Коэффициент окатанности очень низок – 1,01, преобладают частицы первого (43,4%) и нулевого (32,9%) класса окатанности, меньшее количество принадлежит второму (13,2%) и третьему классам (10,5%).

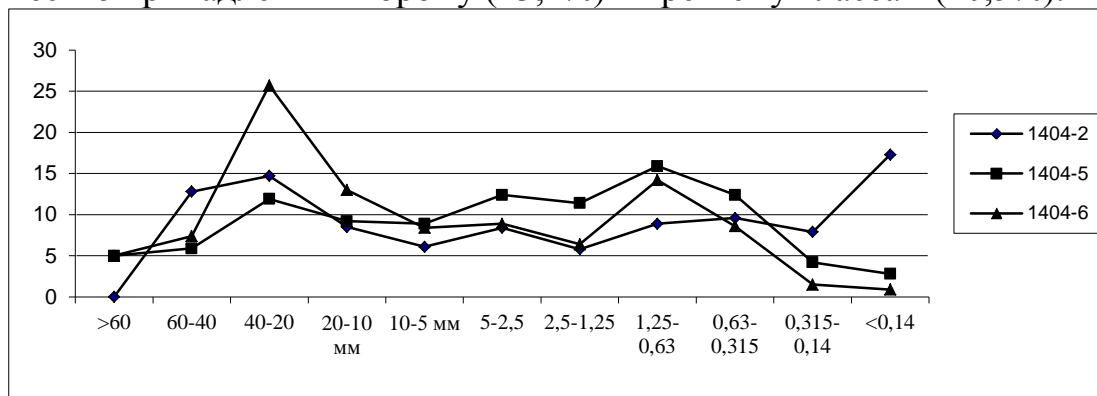


Рис. Гранулометрический состав рыхлых отложений (продуктивный золотоносный пласт): ось Y – процентное содержание фракций; ось X – размер фракций, мм, частный остаток на ситах, %; 1404-2 – номер пробы

Отсортированность отложений – от очень плохой до отсутствия таковой (коэффициент сортировки Траска $S_0=3,61-8,6$; стандартное отклонение $\sigma=5,83-29,42$), асимметрия положительна ($S_k < 1$; $\alpha > 0$) со сдвинутой модой осадка в сторону крупных частиц, эксцесс положителен ($\tau=0,4-13,64$). Коэффициент вариации не превышает показатель 2,18. Такое положение основных гранулометрических параметров указывает на относительно стабильные динамические условия среды седиментации и ее повышенный энергетизм. Аккумуляция осадков могла осуществляться постоянным слабоподвижным – подвижным извилистым потоком (φ-критерий устойчивости русел составляет менее 500 ед.) горного низкогрядового типа (число Фруда $Fr=0,4-0,5$) в обычных условиях состояния ложа с некоторыми неправильностями в направлении струй течения и рельефе дна (коэффициент шероховатости $n=21-28$), со срывающимися скоростями 0,7-1,8 м/с, скоростями отложения 0,4-1,15 м/с, поверхностными скоростями течения 1,1-3,1 м/с, уклонами водного зеркала 6,5-9,9 м/км, глубинами 0,35-1,9 м, с турбулентным режимом осаждения, переносом в виде донного волочения и качения, а также сальтацией, что подтверждается значениями универсального критерия Ляпина ($\beta=0,6-0,7$). В фациальном отношении описываемую толщу можно соотнести с русловой группой речной макрофации.

Современная ширина русла р. Мухор-Горхон составляет 3-7 м, глубина 0,05-0,1 м на перекатах и до 0,6 м в плесовых лощинах. Средний уклон днища долины 10,3 м/км. Имеет очень низкие берега, ее заболачивание вызвано частыми разливами полых и дождевых вод по всей ширине поймы на 20-40 м.

Изученные отложения по гранулометрическим характеристикам и медианной крупности можно отнести к легкопромывистым. Массовая доля илесто-глинистой фракции крупностью $< 0,1$ мм в них составляет более

25%. Золото установлено во всех литологических разновидностях отложений, при этом наблюдается закономерное увеличение его концентраций вниз по разрезу (табл.).

Медианная крупность и распределение золота по классам крупности в технологических пробах месторождения «Мухор-Горхон»

№№ проб	Медианная крупность золота, мм	Массовая доля золота, %				
		<0,25 мм	-0,25+0,1 мм	-0,1+0,071 мм	-0,071 мм	<0,01 мм
1404-4	0,42	25,94	21,68	2,34	1,92	0,50
1404-5	0,68	22,88	18,22	3,45	1,21	0,50
1404-6	2,21	17,72	10,26	4,02	3,44	1,20
1404-7	1,71	4,32	3,21	0,97	0,14	0,01
1404-8	2,68	18,28	15,31	2,38	0,59	0,20
1404-9	2,04	27,20	25,04	1,44	0,72	0,10
1404-10	0,88	3,20	1,70	0,96	0,54	0,10
1404-1	0,60	37,44	20,25	3,92	13,27	2,70

Массовая доля мелкого и тонкого золота (<0,25 мм) достигает 17-18%, что сопоставимо с данными по ситовому анализу золота, извлеченного при промывке песков. Массовая доля пылевидного и тонкодисперсного золота достигает 4-5%.

В заключение следует отметить, что в аллювии руч. Мухор-Горхон содержится значительное количество илисто-глинистых отложений, но, тем не менее, они относятся к легкопромывистым. Использование при добыче гидроэлеваторных промприборов ведет к потере тонкозернистых фракций золота и формированию техногенных россыпей.

Литература

1. Рощектаев П.А., Бахтин В.И., Миронов А.Г. Золото Бурятии (книга вторая). – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2007. – 331 с.

УДК 550.42:552.312

**ПРИМЕНЕНИЕ ПЕТРОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ
ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ РУДОНОСНОСТИ ГРАНИТОИДОВ
БАЙКАЛО-ПАТОМСКОГО НАГОРЬЯ**

В.В. Шульга, Н.И. Бузикова ст. гр. РГМ-10-2

Иркутский государственный технический университет, 664074, г.

Иркутск, ул. Лермонтова 83

На территории Байкальской горно-складчатой области (БГСО) широко распространены магматогенные образования разного состава и возраста, они представлены самыми разнообразными генетическими и петрографическими типами: магматическими и ультраметаморфическими, абиссальными и гипабиссальными, ультраосновными, основными, кислыми и щелочными. Особенно большие площади заняты разновозрастными гранитоидами.

По возрасту гранитоиды БГСО расчленены на:

- архейские – гранито-гнейсы Приольхонья,
- раннепротерозойские – муйский, куандинский, чуйско-кодарский и приморский комплексы гранитов,
- среднепротерозойские – ирельский, амандракский и витимский комплексы гранитоидов,
- позднепротерозойские – мамско-оронский, тельмамский и баргузинский комплексы гранитоидов, а также катерский комплекс гранит-порфиров,
- раннепалеозойские – витимканский (конкудеро-мамаканский) комплекс гранитоидов и качойский комплекс гранит-порфиров и диоритов,
- среднепалеозойские – сыннырский комплекс нефелиновых и щелочных сиенитов,
- мезозойские – гуджирский комплекс гранитоидов и малокуналейский комплекс щелочных гранитоидов.

По материалам предшественников создана база петрохимических данных гранитов и гнейсо-гранитов Мамско- Оронского комплекса (табл. 1), которая и послужила основой для оценки их потенциальной рудоносности по методикам Караевой З.Г. и Пермякова Б.Н.

Методика З.Г. Караевой [1] разработана для оценки рудоносности редкометалльных гранитоидов, измененных процессами натриевого метасоматизма, на основе обработки 1200 химических анализов В. Саяна. Она учитывает соотношения щелочных и щелочноземельных элементов, и предусматривает построение бинарной диаграммы в координатах $A=Na+K-Ca$ (ось абсцисс), $B=(Na-Ca)/K$ (ось ординат), вычисленных в атомных количествах. На типовой диаграмме (рис. 1) эмпирическим путем выделяются 10 полей гранитоидов с разным типом минерализации (I-X), в зависимости от соотношения этих модулей:

- I. Неизмененные гранодиориты – $A=100-130$, $B=0,65-0,8$.
- II. Неизмененные монцониты и адамеллиты – $A=130-165$, $B=0,35-0,7$.
- III. Неизмененные граниты $A=165-190$, $B=0,65-0,8$,
- IV. Неизмененные аляскиты – $A=200-220$, $B=0,7-0,9$.
- V. Измененные граносиениты (с касситерит-сульфидной, молибденовой, вольфрамовой и полиметаллической минерализацией) – $A>200$, $B=0,1-1,0$.
- VI. Измененные биотитовые и лейкократовые граниты (материнские для месторождений W, Mo, Be, Sn силикатной и полиметаллической формаций, слюдоносных и частично редкометалльных пегматитов) – $A=100-160$, $B>0,85$.
- VII. Измененные граниты-аляскиты (материнские для месторождений силикатной и кварцевой формаций, редкометалльных и хрусталеносных пегматитов) – $A=200-220$, $B>0,95$.
- VIII. Граниты, материнские для месторождений W, Mo, Be - $A=100-$

160, B>0,85.

IX. Танталоносные гранитоиды с литиевыми слюдами – A=>220, B>1,1.

X. Танталоносные гранитоиды с щелочными темноцветными минералами – A>220, B>1,1.

Таблица 1

Граниты и гнейсо-граниты 1 фазы Мамско-Оронского комплекса (Согдиондонско-нюрдобинская субфаза)

		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O
1	2560а	56,45	0,46	21,68	2,68	3,58	0,25	0,4	2,46	5	5,6	0,11
2	+67Фд	62,58	0,58	15,14	2,16	3,07	0,16	2,04	5,46	3,66	3,92	0,21
3	147Фд	62,82	1	18,15	1,2	4,1	0,1	1,44	2,77	4,64	3,28	0,13
4	389Вл	65,62	0,53	15,19	1,9	2,88	0,08	2,1	4,06	4,33	2,7	0,04
5	23 Зл	65,84	0,24	16,27	3,35	2,22	0,06	1,48	2	4,86	3,78	0,34
6	2574	66,01	0,71	14,83	2,82	2,65	0,07	3,2	2,07	2,9	4,7	0,07
7	603	66,2	0,81	14,41	4,35	1,58	0,08	1,58	1,28	3,81	5,46	0,02
8	682	67,46	0,52	14,86	2,79	2,73	0,05	1,05	1,78	2,63	5,65	0,08
9	631Вл	67,56	0,81	14,59	1,8	2,88	0,04	1,19	2,24	4,09	4,6	0,02
10	3668	68,04	0,91	14,11	2,12	2,44	0	1,31	1,74	3,43	5,58	0,08
11	95Фд	68,12	0,36	18,57	0,07	1,72	0,04	0,67	2,84	4,92	2,54	0,16
12	3680	68,2	0,81	14,7	1,96	2	0	1,23	2,04	3,16	5,88	0,1
13	3671	68,32	0,91	13,89	1,72	2,16	0,14	1,46	1,92	3,65	5,7	0,06
14	302а	69,18	0,85	14,35	2,25	2,58	0,08	0,48	0,44	3,42	5,9	-
15	3 Кч	69,26	0,59	14,57	1,08	2,08	0,06	0,83	1,72	3,21	5,34	0,08
16	302б	69,72	0,48	13,6	1,91	2,15	0,08	0,88	0,46	3,71	5,87	0,06
17	2560	70,75	0,52	13,95	1,47	2,01	0,07	0,6	1,73	3	4,4	0,08
18	1 Кч	71,53	0,46	14,75	0,92	1,98	0,04	1	2,45	4,24	1,92	0,05
19	9691	71,67	0,19	14,89	1,3	3,32	0,03	0,76	0,4	1,51	4,57	
20	9679	71,74	0,2	15,8	-	1,75	0,01	0,82	1,91	1,99	4,59	
21	9686	71,9	0,36	13,6	0,63	2,31	0,06	0,63	1,35	3,22	6,17	
22	86Фд	72,84	0,17	16,58	0,07	0,81	0,1	0,25	1,65	4,85	2,3	
23	9685	72,87	0,25	14,49	0,81	2,62	0,03	0,26	1,01	1,09	5,74	
24	9674	73,35	0,16	14,9	0,34	1,66	0,02	0,48	1,41	2,2	4,59	
25	1339	76,95	0,19	12,58	0,9	0,99	0,03	0,64	1,48	5,29	0,46	0,04
26	40Шр	73,16	0,27	12,63	0,25	2,71	0,02	0,55	1,16	5	3,3	
27	85Шр	69,17	0,52	9,29	0,94	4,76	0,05	1,33	1,24	3,04	5,2	
28	56Шр	71,99	0,21	14,39	0,91	1,83	0,02	0,81	2,45	4,5	1,92	
29	130/б	59,62	1,08	13,91	1,94	6,3	0,09	4,77	3,29	2,6	3,9	
30	36/20	69,34	0,33	15,22	0,57	1,94	0,02	0,89	2,1	4,16	4,45	

Большая часть проб, судя по диаграмме, вошла в поле неизменённых гранитов, с минимальными содержаниями. Из 30 проанализированных проб в зону рудоносности попало 5 проб (17%), под номерами 7, 21, 14, 16- I зона рудоносности; и всего одна проба №26-в зону VI. В целом рудоносные гранитоиды имеют повышенные значения модуля А (более 100) и модуля В (больше определенной величины).

На диаграмме эмпирическим путем выделяются 2 поля гранитов и гнейсо-гранитов с разным типом минерализации в зависимости от соотношения этих модулей:

I. Неизменные граниты и гранито-гнейсы.

IV. Измененные граниты и гранито-гнейсы.

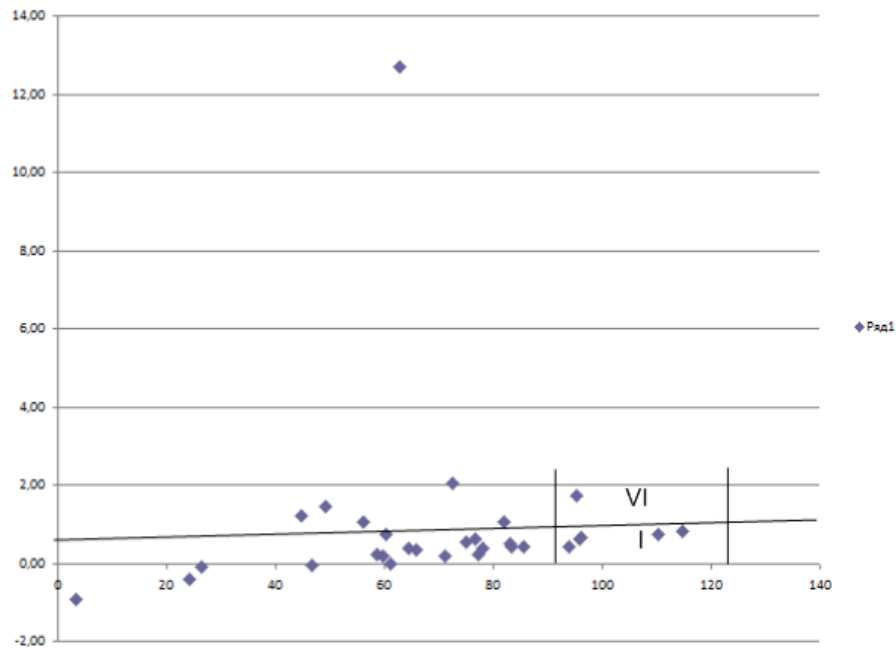


Рис. 1. Бинарная диаграмма, составленная по методике З.Г. Караевой[1]

Условными значками показаны отдельные пробы, а арабскими цифрами их группы

Следовательно, эта методика недостаточно эффективна при оценке потенциальной рудоносности гранитоидов и для полного ответа на этот вопрос требуется применение других методик, в частности *методики Б.Н. Пермякова*. Б.Н. Пермяков [2], изучавший гранитоиды Забайкалья, считает, что потенциальная рудоносность гранитоидных ассоциаций может быть оценена с использованием петрохимических модулей кремнекислотности (**q**), известковистости (**c**), щелочности (**a**), железистости (**f**) и типа щелочности (**n**).

Эти модули отражают соотношения атомных количеств петрогенных элементов и определяются по формулам: $q = [Si - (Na + K + Ca + Mg + \sum Fe)] / Si$; $c = Ca / (Ca + Na + K)$; $a = (Na + K) / Al$; $f = \sum Fe / (\sum Fe + Mg)$; $n = Na / (Na + K)$.

Предельные величины этих модулей для рудоносных гранитоидов Забайкалья приведены в табл. 2. Табличная форма представления петрохимических модулей Б.Н. Пермякова не позволяет уловить закономерности в соотношениях разных категорий модулей для разных групп ассоциаций гранитоидов.

Таблица 2

Предельные величины петрохимических модулей рудоносности гранитоидов Забайкалья по Б.Н. Пермякову [2]

Группы ассоциаций		Петрохимические модули				
Номер	Тип минерализации	q	c	a	f	n
I	Золото-полиметаллическая и полиметаллическая	0,49-	0,235-	0,65-	0,32-	0,59-
		0,55	0,31	0,72	0,53	0,76
		0,55-	0,12-	0,69-	0,32-	0,59-
		0,60	0,26	0,80	0,40	0,64
II	Золото-молибденовая	0,62-	0,15-	0,72-	0,32-	0,49-

		0,68 0,68- 0,70	0,24 0,15- 0,18	0,80 0,72- 0,85	0,44 0,32- 0,52	0,56 0,63- 0,66
III а	Молибденовая	0,70- 0,72 0,72- 0,74	0,14- 0,20 0,105- 0,20	0,65- 0,76 0,72- 0,80	0,57- 0,62 0,44- 0,62	0,535- 0,61 0,535- 0,69
III б	Молибденовая	0,74- 0,76 0,76- 0,785	0,125- 0,15 0,105- 0,15	0,67- 0,70 0,67- 0,78	0,54- 0,70 0,54- 0,70	0,57- 0,61 0,57- 0,61
IV	Молибден-вольфрамовая	0,74- 0,76	0,01- 0,07	0,90- 1,01	0,70- 0,825	0,52- 0,61
V	Вольфрамовая и флюоритовая	0,74- 0,76 0,76- 0,785	0,07- 0,09 0,01- 0,09	0,81- 0,90 0,78- 1,01	0,825- 0,92 0,70- 0,92	0,46- 0,50 0,46- 0,57
VI	Олово-вольфрамовая и щелочно-редкометалльная	0,785- 0,805	0,02- 0,08	0,75- 1,00	0,59- 0,97	0,49- 0,61
VII	Ниобий-фтористая, вольфрам-ниобиевая и флюоритовая	0,805- 0,83	0,01- 0,08	0,75- 0,91	0,74- 0,93	0,46- 0,61

Таблица 3
Значения модулей Б. Н.
Пермякова для гранитов и гранито-
гнейсов 1 фазы Мамско-Оронского
комплекса

q	c	a	f	n
0,77	0,24	0,66	0,87	0,58
0,80	0,49	0,68	0,53	0,59
0,80	0,31	0,62	0,64	0,68
0,81	0,42	0,66	0,50	0,71
0,81	0,23	0,74	0,59	0,66
0,79	0,28	0,67	0,41	0,48
0,81	0,16	0,84	0,56	0,52
0,84	0,24	0,70	0,68	0,42
0,83	0,26	0,80	0,63	0,57
0,83	0,21	0,83	0,59	0,48
0,87	0,32	0,59	0,60	0,74
0,84	0,24	0,79	0,53	0,45
0,83	0,22	0,88	0,53	0,49
0,84	0,06	0,84	0,81	0,47
0,86	0,22	0,76	0,63	0,48
0,84	0,06	0,92	0,66	0,49
0,88	0,24	0,70	0,71	0,51
0,88	0,33	0,61	0,57	0,77
0,88	0,09	0,50	0,74	0,33
0,89	0,30	0,52	0,55	0,39
0,86	0,17	0,89	0,70	0,44
0,90	0,22	0,63	0,66	0,76
0,90	0,19	0,56	0,87	0,22
0,89	0,23	0,57	0,69	0,42
0,89	0,23	0,72	0,56	0,95
0,86	0,15	0,93	0,75	0,70
0,82	0,17	1,15	0,69	0,47
0,88	0,32	0,66	0,56	0,78
0,70	0,41	0,61	0,46	0,51
0,86	0,25	0,77	0,58	0,59

Таким образом, произведя корреляцию предельных величин петрохимических модулей рудоносности гранитов и гранито-гнейсов 1 фазы Мамско-Оронского комплекса, можно сказать, что преобладающим типом минерализации является молибден-вольфрамовая и вольфрам- флюоритовая.

Работа выполнена при государственной поддержке молодых российских ученых – кандидатов наук (проект МК-2640.2013.5).

Библиографический список

1. Караева З.Г. Петрохимические особенности рудоносности гранитоидов. – Докл. АН СССР, 1968, т. 179, № 6, с. 1436-1439.

2. Пермяков Б.Н. Петрохимические параметры как индикаторы потенциальной рудоносности магматитов// Металлогения и прогноз полезн. ископ. Мат-лы чтений памяти акад. С.С. Смирнова. – Чита: Изд-во Заб. фил. Географ. об-ва СССР, 1986. – С. 76-78.

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЛЬЕФА ШЕЛЕХОВСКОГО РАЙОНА ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Бикмулина К. В., Чимитдоржиева Е. А. студентки гр. ПГ -11-1
Иванова Р.Н. к.г.мин. наук, доцент
Иркутский государственный технический университет
г. Иркутск

В качестве исходного материала для морфометрического анализа была использована топографическая карта Шелеховского района Иркутской области масштаба 1:50000, где в 2011 – 2013 гг. проводились учебные геологосъемочные практики студентов института Недропользования ИрГТУ.

Район полигона практик расположен на правом и левом берегу долины реки Олха вдоль железной дороги от станции Черемушки до станции Орленок. Абсолютные отметки рельефа исследуемой территории варьируют от 440 до 793 м.

Общий анализ морфометрических показателей рельефа площади в соответствии с классификацией А.П.Кочнева [1, табл.6] позволяет четко выделить два типа рельефа:

- практически нерасчлененный, равнинный;
- и низкогорный, средне расчлененный рельеф (холмогорье).

Морфометрический анализ территории включал в себя составление карт 3-х видов:

- карты порядков речных долин;
- карты «густоты» эрозионной сети (рис. 1);
- карты глубины вертикального расчленения рельефа (рис. 2).

Для составления карты порядков речных долин по топографической карте была составлена географическая основа, на которой были копированы все реки, тальвеги оврагов, балок, сухих долин. Затем, с использованием дихотомической классификации В.П. Философова, был определен порядок долин.

Согласно этой классификации, за поток 1 порядка принимается элементарная долина, в которую не впадает ни одна другая. При слиянии двух долин 1 порядка образуется долина 2 порядка и т.д.

В соответствии с данной методикой на изученной территории были выделены порядки речных долин с 1 по 5.

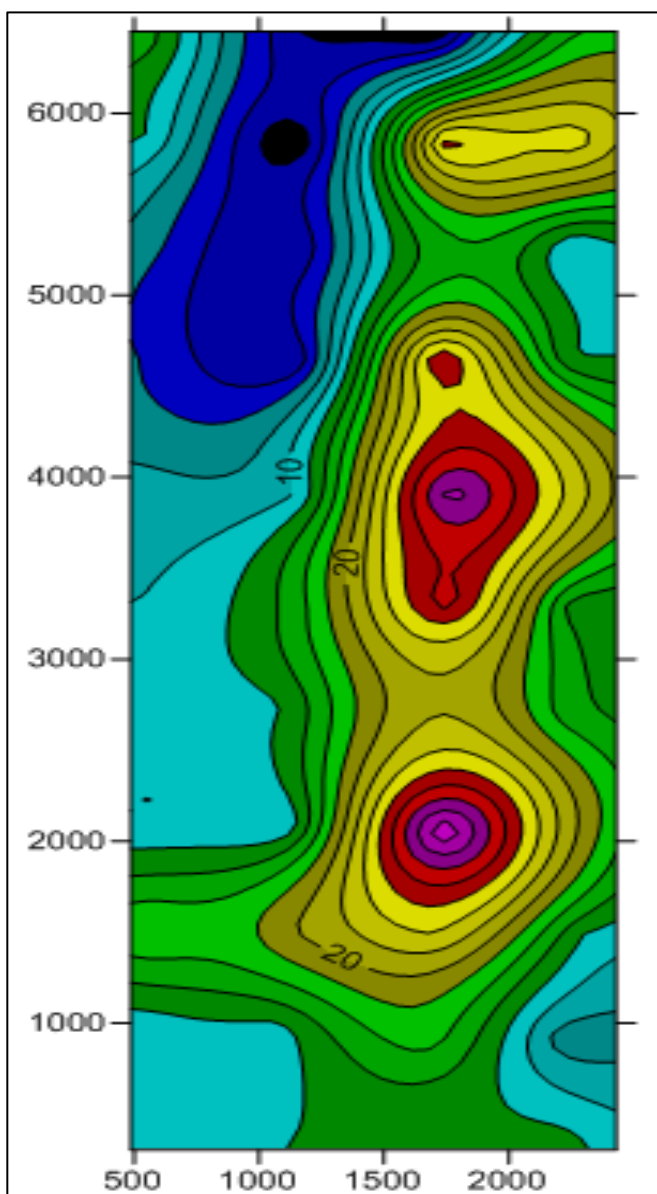


Рис. 1 Карта густоты эрозионной сети
 Оттенки цвета отражают степень интенсивности развития речной эрозионной сети в баллах от 0 до 34

В площадном распространении наблюдается асимметрия: максимальное развитие долин 1-4 порядка наблюдается на правом борту долины р. Олха, в то время как левый борт характеризуется развитием долин преимущественно 1-2 порядка.

Кроме того на левом борту долины первого порядка в большинстве имеют большую протяженность, чем на противоположном борту. Нередко они впадают непосредственно в долину р. Олха, не сливаясь с притоками более мелких порядков.

Основой для построения карты «густоты» эрозионной сети является карта порядков речных долин, которая позволяет наиболее наглядно продемонстрировать выделенную неоднородность территории.

Для ее составления на карту порядков речных долин была нанесена квадратная сетка со стороной квадрата 4 см. Внутри каждого квадрата была подсчитана сумма долин с учетом их порядков.

Полученные таким образом цифры показывают плотность речной сети. Они проставляются в центре соответствующего квадрата. Значения плотности между центрами соседних квадратов экстраполируются по закону линейного распределения плотности.

Карта «густоты» эрозионной сети представляет совокупность изолиний плотности речной сети (рис. 1).

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что эрозионная сеть на территории неоднородна. По результатам анализа в строении эрозионной сети можно выделить три блока.

Зоны с максимальной густотой эрозионной сети находятся в центральной и южной части, а также на северо-востоке района.

В центральной и южной части рисунок изолиний имеет субмеридиональный характер, максимумы густоты приурочены к правому борту долины реки Олха, также как на карте порядков речных долин. При этом области максимумов выстраиваются в цепь.

Второй блок с высокими значениями густоты эрозионной сети наблюдается в северо-восточной части района. Здесь ориентировка максимумов изолиний субширотная.

Минимальное развитие речной сети наблюдается в восточной части района. Причем на отдельных участках здесь низкие значения густоты эрозионной сети пространственно совпадают с долиной реки Олха, которая имеет 5 порядок. Следовательно, наблюдаемые западнее долины р. Олха максимальные значения густотой речных долин имеются за счет развития здесь большого количества мелких долин 1 - 2 порядка, что говорит об относительной тектонической активности данного участка.

В северной части наблюдается выходящая за пределы изученной площади субширотная область низких значений густоты эрозионной сети сопряженная с областью максимальных значений. Такое положение этих максимумов свидетельствует о поперечном положении данного блока, относительно всей структуры площади.

В южной части проявлена область относительно высоких значений густоты эрозионной сети имеющая субширотное простирание. Пространственное положение и ориентировка данного максимума совпадает с положением Ангарского надвига, который наблюдается в нескольких обнажениях на этом участке [3].

Таким образом, отмечаются различия в строении всех трех выделенных блоков, исходя из чего, можно предположить, что блоки имеют различное строение, смещены вследствие тектонических движений и (или) в них по разному проявлена неотектоническая активность.

Для более подробного изучения интенсивности и характера тектонических движений была составлена карта глубины вертикального расчленения рельефа. Для этого на топооснову была нанесена квадратная сетка с таким же размером ячейки, как и для карты густоты эрозионной сети.

В каждом квадрате были найдены минимальные и максимальные отметки. Разность этих отметок отображает величину расчлененности рельефа в пределах одного квадрата. Полученные цифры были проставлены в центре каждого квадрата.

На карте глубины вертикального расчленения отчетливо выражены два блока:

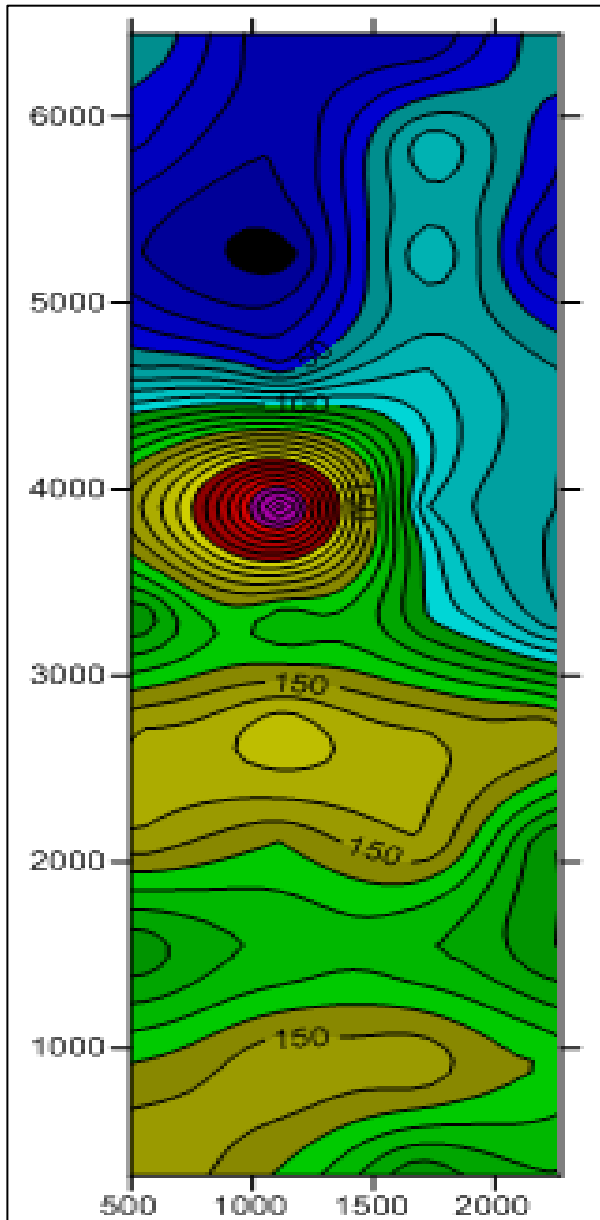


Рис. 2 Карта глубины вертикального расчленения рельефа

Оттенки цвета отражают глубину вертикального расчленения рельефа в метрах от 0 до 210 м

- ✓ северный-северо-восточный
- ✓ центральный-юго-западный (рис.2).

Данные блоки полностью соответствуют выделенным участкам с разным типом рельефа.

В северной и северо-восточной части рельефа наблюдается минимальные величины глубины вертикального расчленения рельефа. Относительные превышения водоразделов над долинами здесь не превышают 10 - 75 м. Данная территория представлена осадочным комплексом пород юрского периода слагающих верхнюю часть чехла Сибирской платформы.

В центральной и юго-западной части территории наблюдается максимальная расчлененность рельефа, относительные превышения здесь составляют 100 - 210 м. Это участок развития складчатых образований кембрийского возраста, также слагающих платформенный чехол и геологических образований архей - протерозойского возраста обрамления платформы, традиционно относимых к Байкальской горно-складчатой области [2, 3].

Крутые склоны рельефа этой части территории связаны с наличием здесь древнего складчатого Шарыжалгайского выступа фундамента Сибирской платформы и обширной многофазной интрузии гранитоидов Саянского комплекса. Вмещающими породами являются древние архейские гнейсы, прорванные многочисленными жилами пегматита и кварца.

Данные магматогенные образования устойчивы в зоне гипергенеза и формируют положительные формы рельефа с крутыми склонами, нередко

наблюдаются крутые скальные обнажения. На этом участке развиты глубокие V - образные долины притоков реки Олха.

Граница между блоками с разной величиной глубины вертикального расчленения приурочена к разрывному нарушению, по которому проходит граница между кембрийскими и юрскими образованиями.

Данный разлом отражен на всех доступных геологических картах и схемах. На местности разлом проявлен в четко выраженном в рельефе уступом. Его северо-западная ориентировка полностью отражена в морфологии границы между блоками на карте расчленения рельефа (рис. 2).

Таким образом, морфометрический анализ позволил выявить неоднородное строение района, обусловленное наличием явных и предполагаемых зон разрывных нарушений, а также возможного различного характера современных тектонических процессов.

Область наиболее активного тектонического движения, и как следствия более развитой речной сети, находится в южной, центральной и северо-восточной части района.

Факт активного развития эрозионных процессов в северо-восточной части исследованной территории представляет наибольший интерес, так как этот участок относится к чехлу Сибирской платформы.

Данная территория считается устойчивой и стабильной, в то время как полученные в результате анализа речной сети данные свидетельствует о том, что современные тектонические движения в этом блоке, несомненно, имеют место.

Литература

1. Кочнев А.П. Некоторые вопросы оптимизации морфометрической систематики рельефа Земли. //Вестник ИрГТУ. – 2004. - № 1. – С.

2. Сальникова Е.Б., Котов А.Б., Левицкий В.И., Резницкий Л.З., Мельников А.И., Козаков И.К., Ковач В.П., Бараш И.Г., Яковлева С.З. Возрастные рубежи проявления высокотемпературного метаморфизма в кристаллических комплексах Иркутского блока Шарыжалгайского выступа фундамента Сибирской платформы: результаты U-Pb датирования единичных зерен циркона // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2007 - Т. 15, № 4 - С. 3 - 19.

3. Сизых В.И., Мазукабзов А.М., Александров В.К. Соотношение надвиговых и складчатых структур в краевых системах юга Сибирской платформы. // Геодинамика, структура и металлогения складчатых сооружений юга Сибири. Новосибирск. – 1991. - С.284 – 286.

УДК 550.34:551.24

РАЗЛОМНАЯ ТЕКТНИКА ЮГА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Нарыкова Ю.О., Бузикова Н.И., Боролдоева В.В., Химов Е.А. (студенты гр. РГМ-10-2), рук. Кочнев А. П. (проф. НИ ИрГТУ), г. Иркутск.

Анализ разломной тектоники проведен на основе карты (рис. 1) структурно-формационных комплексов фундамента и разломов Сибирской платформы и прилегающих территорий м-ба 1 : 5 000 000 (1986, редакторы Е.П. Миронюк, Н.С. Малич, И.Н. Поярков).

На карте выделены внутриплатформенных разломы и краевые швы двух типов – полициклический Главный Саянский и моноциклический мезокайнозойский Монголо-Охотский.

По возрасту разломы подразделены на неоген-четвертичные, мезозойские, палеозойские, раннепротерозойские и архейские.

По кинематическим особенностям они представлены в основном сбросами, реже сдвигами и надвигами.

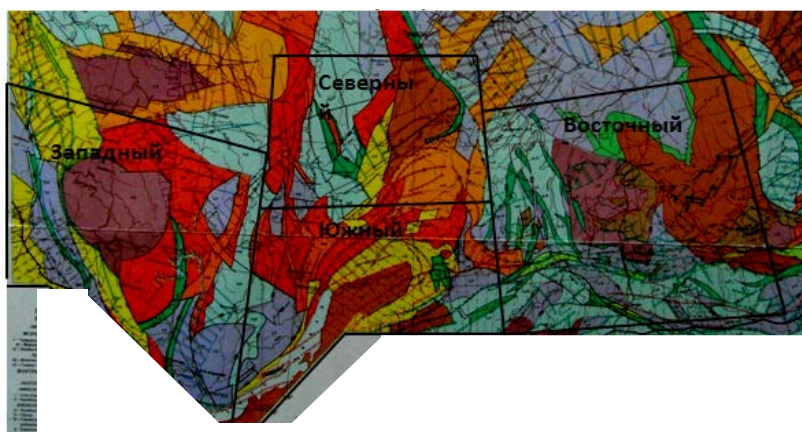


Рис. 1. Карта структурно-формационных комплексов фундамента и разломов южной части Сибирской платформы (по Е.П. Миронюку и др., 1986).

Анализ разломных структур проводился на четырех участках южной части платформы – Восточном, Западном, Северном и Южном (см. рис.1).

Анализ включал ранжирование разломов по длине, изучение их ориентировки и выделение основных систем, оценку плотности их распределения по площади.

Ранжирование разломов каждого участка производилось по их протяженности. Для определения количества рангов и классового промежутка использована формула Стреджесса. Классовый промежуток для разных участков варьировал от 70 до 130 км. Для сопоставимости получаемых при анализе результатов принят единый для всех участков классовый промежуток равный 130 км. В соответствии с этим было выделено 8 рангов разломов: I – 1040-910 км, II – 910-780км, III – 780-650км, IV – 650-520, V – 520-390 км, VI – 390-260 км, VII – 260-130 км, VIII – 130-0 км.

По площади разломы разных рангов распределены неравномерно: на Западном участке прослеживаются разломы всех рангов, на Северном

участке встречаются разломы IV-VIII рангов, на Южном участке – V-VIII рангов, на Восточном – III-VIII рангов.

По каждому участку также были построены графики распределения длин разломов по рангам и графики расстояний между разломами одного ранга.

Анализ *графиков распределения разломов разных рангов* (рис. 2) показывает, что для разных участков они в целом близки. На каждом участке преобладают мелкие разломы VII-VIII рангов, в меньшей степени наблюдаются разломы V-VI рангов, а разломы I, II, III и IV ранга единичны.

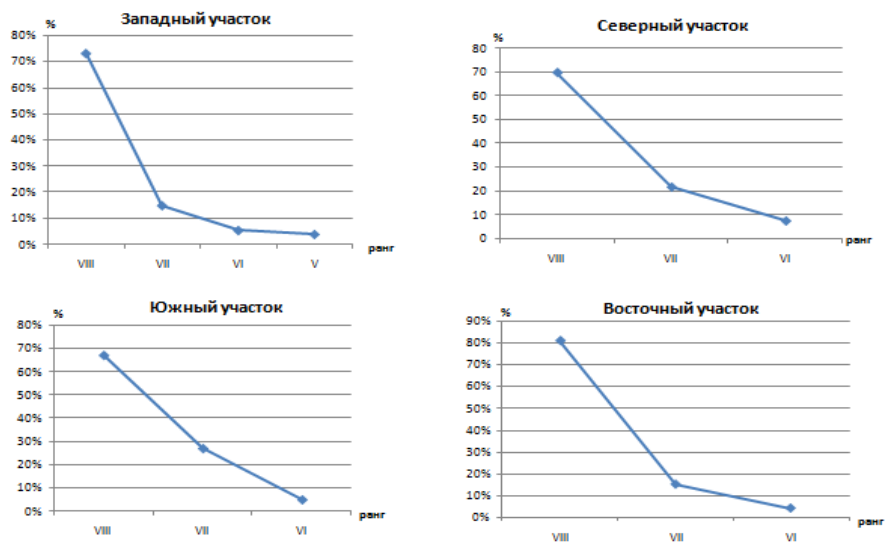


Рис. 2. Графики распределения разломов разных рангов

На *графиках зависимости расстояния между разломами одного ранга* (рис. 3) прослеживается обратная зависимость: чем больше ранг разломов, тем меньше расстояние между разломами: так между разломами VIII ранга расстояние составляет 20-30 км (кроме северного участка там расстояние составило – 70 км), между разломами VII ранга 100-125 км (только на южном участке – 30 км); VI ранга 140-210 км (на южном участке – 22 км).

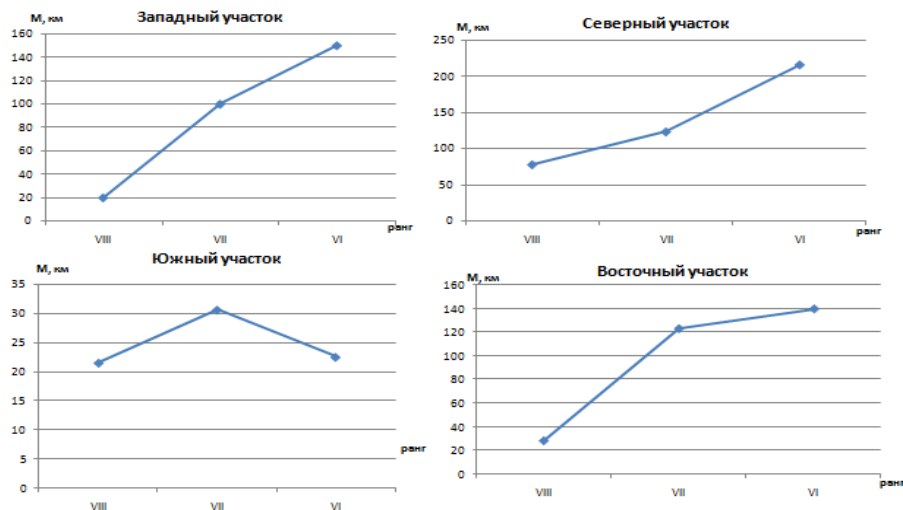


Рис. 3. Графики зависимости расстояния между разломами одного ранга

Такое поведение разломов теоретически вполне оправдано – на участках земной коры с неоднородным строением, обусловленным слоистым характером осадочно-вулканогенных образований, тектонические напряжения разряжаются под действием тектонических сил в каждой разновидности пород неравномерно, тогда как в участках с однородным строением, обусловленном метаморфическими и магматическими процессами, напряжения разряжаются в пределах крупных однородных блоках земной коры.

Анализ ориентировки разломных структур изученной площади показал, что на всех 4 участках выделяются разломы двух систем: северо-западную и северо-восточную (рис. 4). Причем максимумы СЗ систем совпадают на всех участках – $330-340^{\circ}$, а максимумы СВ систем отличаются: на Западном участке – $1-10^{\circ}$; на Северном участке – $10-20^{\circ}$ и $30-40^{\circ}$; на Южном участке – $30-40^{\circ}$; на Восточном участке – $30-40^{\circ}$ и $60-70^{\circ}$.

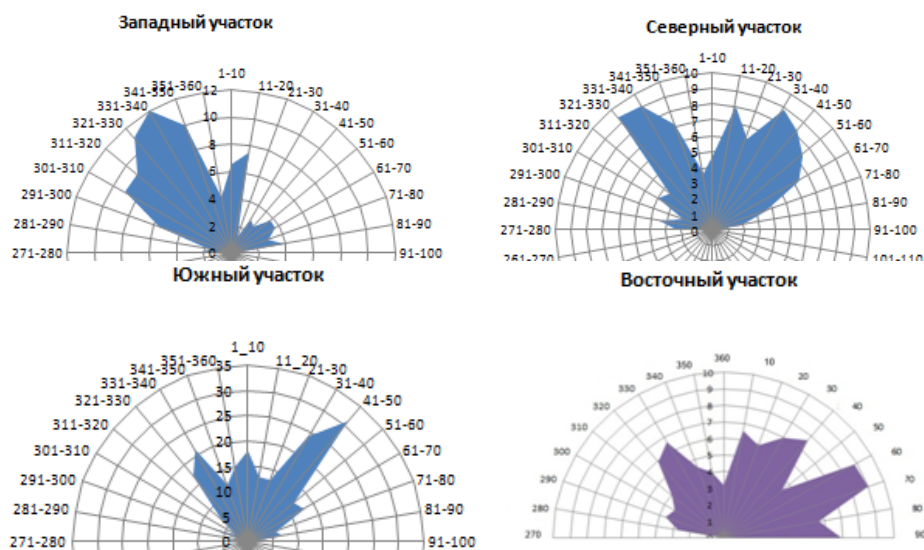


Рис. 4. Розы-диаграммы ориентации разломов

Для выявления зон повышенной раздробленности земной коры изученной территории составлена карта плотности разломов (рис. 5) путем разбивки площади карты сетью статистических окон размером 100x100 км, т. е. был произведен подсчет всех разломов, приходящихся на площадь 10000 км². Площадь статистического окна была рассчитана как удвоенная площадь анализируемой территории, деленная на количество разломов. По результатам проведенного анализа были выявлены зоны повышенной плотности разломов, которые можно называть разломными зонами или зонами динамического влияния разломов (краевых и структурных швов, региональных разломов). Всего выделено 10 таких зон разных порядков: I порядка – Восточно-Саянская (1 В-С), Чара-Олекминская (1 Ч-О), Тында-Зейская (1 Т-З); II порядка – Ангара-Катангская (2 А-К), Братско-Устькутская (2 Б-У), Нижнетунгуская (2 Н/Т), Ленско-Бодайбинская (2 Л-Б), Амга-Якутская (2 А-Я); III порядка – Верхневиллюйская (3 В-В) и Ангара-Витимская (3 А-В).

Восточно-Саянская (1 В-С) зона приурочена к одноименному региональному разлому, охватывая предсаянскую зону краевого шва Сибирской платформы. Ее простирание северо-западное (300-350⁰). форма дугообразная, протяженность 600 км, ширина изменяется в пределах 75-150 км. В ее составе по простиранию выделяется три деструктивных поля.

Чара-Олекминская (1 Ч-О) зона приурочена к Чара-Олекминскому водоразделу. Она имеет слабоизвилистую форму, субмеридиональное простирание (350-360⁰), имеет два деструктивных поля. Протяженность ее 1050 км, максимальная ширина – 400 км, минимальная – 150 км.

Тында-Зейская (1 Т-З) зона тяготеет к Монголо-Охотскому поясу тектонической активизации, для которого характерна северо-восточная ориентировка дизъюнктивных нарушений. Протяженность зоны 350 км, максимальная ширина 250 км, минимальная – 150 км. Она имеет слабо вытянутую форму и включает одно деструктивное поле.

Ангара-Катангская (2 А-К) зона почти полностью совпадает с Юрокским разломом. Она слабо удлинена в субширотном направлении. Протяженность ее 300 км, максимальная ширина 125 км.

Братско-Устькутская (2 Б-У) зона приурочена к области простирания Илимского и Онотского разломов. Она имеет северо-восточное простирание (30-50⁰), протяженность ее 400 км, ширина 125-160 км, состоит из двух деструктивных полей.

Нижнетунгуская (2 Н-Т) зона охватывает систему Витимо-Виллюйских разломов. Простирание ее субширотное, форма слабо вытянутая, длина 110 км.

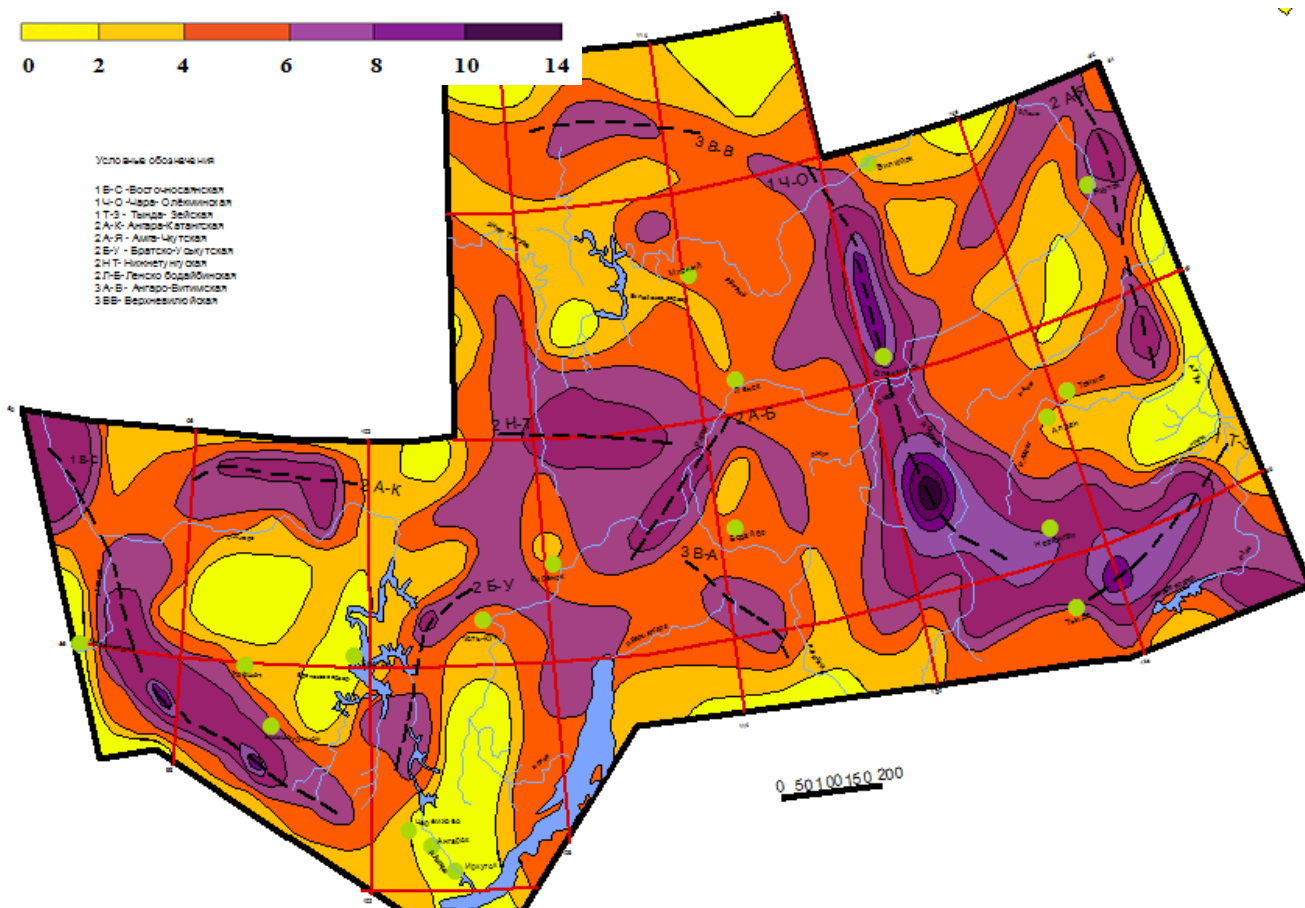
Ленско-Бодайбинская (2 Л-Б) зона располагается в пределах Байкало-Виллюйской системы разломов. Имеет северо-восточное простирание (40-50⁰), протяженность 350 км и ширину 100 км.

Амга-Якутская (2 А-Я) зона почти полностью совпадает с Якутским разломом. Имеет удлиненную форму, субмеридиональное простирание. Протяженность ее 550 км. Имеет два деструктивных поля, в которых достигает максимальной ширины до 200 км.

Верхневиллюйская (3 В-В) зона приурочена к зоне пересечения Чона-Виллюйского и Улахан-Вавского разломов. Имеет субширотное простирание. По форме удлиненная, протяженность 200 км с максимальной шириной 100 км.

Ангара-Витимская (3 А-В) зона приурочена к зоне пересечения Баргузино-Чарского и Горбиллоковского разломов. По форме слабоудлиненная, простирание Северо-западное ($315-320^0$), протяженность 200 км, ширина 100 км.

Анализ зон повышенной плотности разломов показал, что расположение этих зон не имеет связи со структурой чехла, кроме Восточносаянской и Тынды-Зейской зоны, которые приурочены к Предсаянской и Монголо-Охотской зонам краевого шва Сибирской платформы. Остальные же системы разломов приурочены к тектономагматической деятельности в фундаменте платформы, то в итоге отражает блоковое строение фундамента.



**Рис. 5. Карта плотности разломов южной части Сибирской платформы
Масштаб 1:5000000**

УДК 622.7

ГАЗОГИДРАТЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Рапацкая Л.А., Колесникова Д.В., Боковиков А.О., ИргТУ

Газогидраты (клатраты) - это твердые соединения, образующиеся из метана и воды при определенном давлении и температуре. Название «клатраты» было дано Пауэллом в 1948 году. Гидраты газа внешне напоминают спрессованный снег и могут гореть. Благодаря своей структуре, единичный объем газового гидрата может содержать до 160-180 объемов чистого газа. Они легко распадаются на воду и газ при повышении температуры.

Плотность гидратов ниже плотности воды и льда (для гидрата метана около 900 кг/м³ и разложение их в замкнутом объеме, либо в пористой среде приводит к значительному повышению давления. Газогидраты обладают высоким электрическим сопротивлением, хорошо проводят звук и характеризуются аномально низкой теплопроводностью.

В природе газогидраты образуются в глубоководных осадках морей и океанов и в районах вечной мерзлоты — главным образом из углеводородных

газов, чаще всего метана. Большинство скоплений газогидратов находится в глубоководных акваториях морей и океанов, в основном на континентальных склонах и подводных поднятиях, в условиях высокого давления и низких температур.

Газогидраты образуются в консолидированных и рыхлых осадках в пределах зоны, где они могут находиться в состоянии термодинамической устойчивости и стабильно существуют лишь в ограниченном диапазоне значений температур 70-350°K и давлений 2×10^{-8} - 2×10^3 МПа[1].

В последние десятилетия скопления газовых гидратов найдены во многих районах Мирового океана. Это не могло не привлечь внимания геологов и геофизиков, изучающих донные осадки пресноводного оз. Байкал. Как уже упоминалось, для образования газогидратов в донных отложениях водоемов требуются определенные условия.

Это связано с тем, что притоки озера несут большое количество органического вещества, которое осаждается на дне и в донных отложениях преобразуется в метан. Поскольку осадки, содержащие газогидраты, отличаются по физическим свойствам от нижележащих слоев, на профиле возникает кажущаяся отражающая граница, соответствующая по форме контурам поверхности дна.

Именно такие условия характерны для глубоководных районов Байкала. При этом концентрации метана должны быть особенно высоки в местах впадения рек, в частности, вблизи дельты Селенги (рис.1).

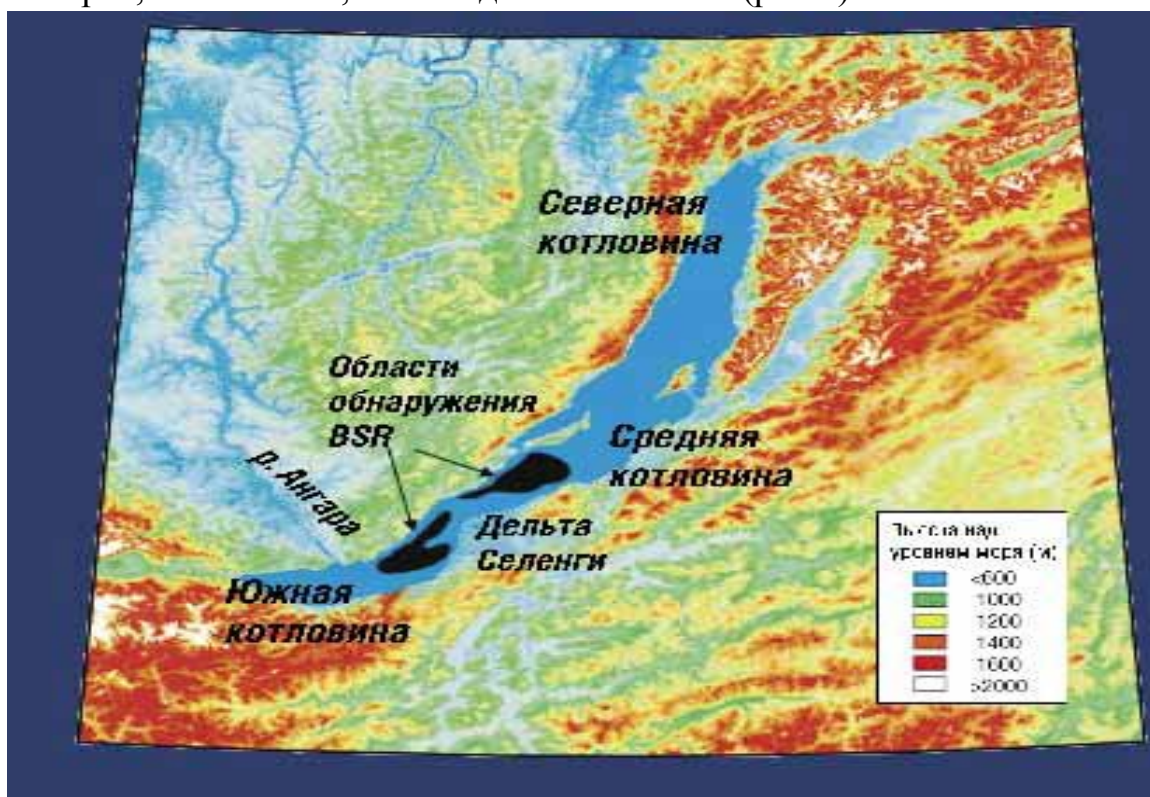


Рис.1 Районы расчетной мощности слоя осадков, возможно, содержащих газы гидраты в акватории оз. Байкал

На Байкале такие границы, отождествляемые с нижней границей газогидратного слоя, впервые заметил А. Гольмшток во время российско-американских сейсмических исследований осадочного заполнения Байкальской впадины (1989—1992 гг.). Эти границы, выявленные и прослеженные на большой площади к северу и к югу от дельты Селенги, были первыми свидетельствами присутствия газогидратов на Байкале. (рис2.). А в 1997 году в буровом керне, в ходе работ по проекту «Байкал-Бурение» (под руководством академика М. И. Кузьмина, директора Иркутского института геохимии СО РАН), были обнаружены сами кристаллы газогидратов. Образцы были подняты с глубин 120 и 160 м под поверхностью дна. Это открытие окончательно подтвердило, что донные отложения Байкала действительно содержат газовые гидраты.

Внимание исследователей байкальских донных осадков привлекла необычная форма границы ЗСГ. Уже А. Гольмшток заметил, что на сейсмических профилях, она не повторяет в точности рельефа дна. Граница имела неровную форму и местами прерывалась вблизи разломов.

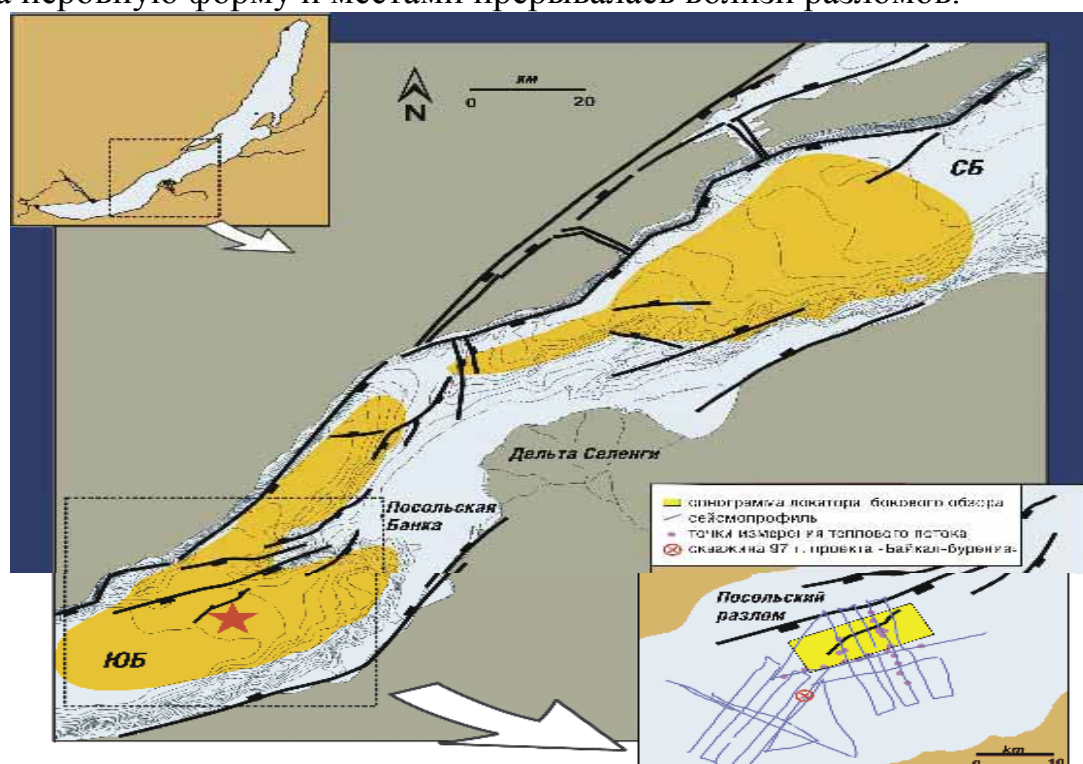


Рис.2 Районы расчетной мощности газогидратного слоя (выше *BSR*, показано желтым)

Гольмшток предположил, что в этих местах устойчивость гидратов нарушена, газогидратный слой прерывается и метан прорывается на поверхность дна озера. Чтобы получить точное изображение рельефа дна, коллективом российских и бельгийских ученых было решено провести сейсмопрофилирование донных отложений с высоким пространственным разрешением в сочетании с локацией бокового обзора [2,5].

Проект был профинансирован фондом INTAS, а экспедицию под руководством профессора Марка Де Батиста организовал Лимнологический

институт СО РАН (г. Иркутск). Летом 1999 года были получены детальные разрезы ЗСГ в Южно-Байкальской котловине, южнее дельты Селенги, на которых хорошо прослеживаются участки нарушенного слоя газогидратов и вертикальные каналы, по которым газ поднимается вдоль разломов к поверхности дна. На снимке, сделанном с помощью локатора бокового обзора, видна цепочка газвыделяющих структур, очень похожих на грязевые вулканчики (рис.3) Эта цепочка, около 2 км шириной, тянется вдоль зоны разломов, где глубина воды достигает 1350 метров [3].

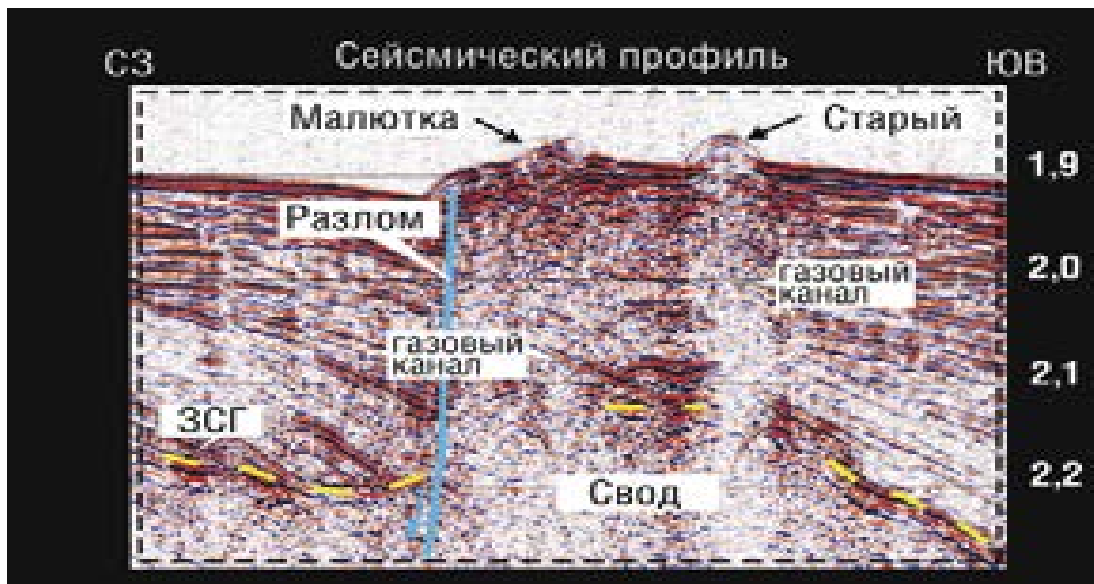


Рис.3 Сейсмоакустический разрез Южно-Байкальской котловины

Само название «приповерхностные газогидраты» предполагает, что они находятся в самых верхних слоях донных отложений. Поэтому образцы для исследований были подняты грунтовыми трубками непосредственно над выходами газа. Эти места были заранее определены, благодаря предварительному отбору проб со льда во время зимней экспедиции 2000 года под руководством Я. Клеркса. Из одного грязевого вулкана, с глубины от 15 до 40 см ниже дна, удалось извлечь слой газогидратов мощностью 10 см, состоящий из крупных кристаллов размером до 7 см. Очевидно, что мелкие кристаллики газогидратов содержались в керне и других местах, судя по строению осадочной толщи и другим показателям. Однако они, к сожалению, разрушились во время подъема колонок на поверхность.

Донные отложения Байкала представляют собой чередующиеся слои глины и темно-серого ила, насыщенного остатками диатомовых водорослей. Обнаружилось, что диатомовые слои вблизи грязевых вулканов содержат виды, вымершие почти 3 млн лет назад. В обычной последовательности осадочных слоев горизонт, содержащий эти водоросли, должен находиться на глубине около 300 метров. Но, как это обычно бывает в грязевых вулканах, флюиды, образующиеся на такой глубине, поднимаются к поверхности и во время извержений выносят осадочный материал наверх. Неудивительно, что и глубоко захороненные диатомовые водоросли были подняты к поверхности по каналам вулканов.[4,5].

Предположительно существует несколько причин нестабильности газогидратов. Это — быстрое накопление осадочной толщи, тектоническое поднятие земной коры, миграция флюидов, локальное растяжение коры, оползневые явления. Например, когда осадочная толща быстро нарастает, подошва зоны стабильности гидратов смещается вверх, а газогидраты в нижней части слоя разрушаются. В результате происходит накопление свободного газа.

Район дельты Селенги — участок самого значительного поступления твердого стока на Байкале и, соответственно, самого быстрого накопления осадков. Когда активизируется один из разломов, достигающих основания зоны стабильности газогидратов, то осадочная «пробка» над областью скопления жидкости и газа может сместиться ниже границы BSR и флюиды могут устремиться вверх по разлому к поверхности дна. Теплые флюиды, поднимающиеся из-под нижней границы зоны стабильности гидратов, нарушают их устойчивость, и граница в результате перемещается на меньшую глубину.

Движение флюидов по каналам разломов, так же как и их направленная миграция, характерная для обстановок сжатия, оказывает дестабилизирующее влияние на газогидраты. Хотя в целом в Байкальской впадине преобладает напряжение растяжения, на локальных участках имеются признаки сжатия осадочной толщи. Это может приводить к дегидратации с высвобождением воды и формированию флюидных потоков. В условиях быстрого осадконакопления в районе дельты Селенги флюиды движутся в направлении минимального сжатия и накапливаются под подошвой зоны стабильности гидратов. Нижняя граница стабильности благодаря действию более высокой температуры смещается кверху. В конце концов в ней появляются нарушенные участки. В результате метаносодержащие флюиды поднимаются по разломам в тектонически-активном районе Байкала и выходят на поверхность дна озера.

Эта необычная последовательность процессов, при которой метан накапливается в форме гидратов и высвобождается при нарушении их устойчивости с образованием грязевых вулканов, как и сам факт существования метановых газогидратов в условиях пресноводного водоема, — еще одно очередное свидетельство уникальности Байкала. Но главное не это. Метан в форме гидратов - это потенциальное топливо будущего - устойчив только при низких температурах и высоком давлении. Поэтому их изучение в теплых и глубоких морях крайне затруднительно: гидраты просто «не доживают» до поверхности. Такой проблемы в холодном и глубоком озере не существует, а зимний, закованный в лед Байкал — удобная рабочая площадка для исследований. [6].

Библиографический список

1. Гольмшток А.Я., Дучков А.Д., Хатчинсон Д.Р., Ханукаев С.Б., Ельников А.И. Оценки теплового потока на озере Байкал по сейсмическим данным о нижней границе слоя газогидратов. //Геология и геофизика; 1997; 38(10).Стр. 1677-1691

2. Гранин Н. Г., Гранина Л. З. Газовые гидраты и выходы газов на Байкале // Геология и геофизика (RussianGeologyandGeophysics). — 2002. —Т. 43. — № 7. — Стр. 629—637

3. Клеркс Я., Добрецов Н.Л., Логачев Н.А. Основные результаты исследований происхождения и развития рифтовых впадин. //Байкал как участок мирового природного наследия: результаты и перспективы международного сотрудничества: Тр. междунар. конф. (Улан-Удэ, 1998 г.).Стр.191-195.)

4. De Batist M., Klerkx J., Vanneste M., Poort J., Van Rensbergen P., Hus R., Golmshtok A., Kremlev A., Khlystov O. Tectonically induced gas-hydrate destabilization and gas venting in Lake Baikal, Siberia. // VI Int. Conf. on Gas in Marine Sediments: Abstracts; 2000; Стр.22-23

5. P. Van Rensbergen , M. De Batist M., Klerkx J., Hus R., Poort J., Vanneste M., Granin N., Khlystov O., Krinitsky P. Sublacustrine mud volcanoes and methane seeps caused by dissociation of gas hydrates in Lake Baikal.. //Geology; 2002; 30(7).Стр.631-634.

6. <http://www.sbras.ru/HBC/article.phtml?nid=96&id=8>