

УДК 550.4:551.3.051

## РЕКОНСТРУКЦИЯ ОБСТАНОВОК ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ МЕТАОСАДОЧНЫХ ПОРОД НИЖНЕГО ПРОТЕРОЗОЯ НА ОСНОВЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (НА ПРИМЕРЕ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ)

В.А. Шатров

*Воронежский государственный университет*

На основе распределения редкоземельных элементов (REE) рассматривается возможность реконструкций условий осадкообразования метаосадочных пород нижнего протерозоя курской и криворожской серий ВКМ и УКЩ. Автором разработана треугольная диаграмма в системе: LREE - MREE - (HREE $\times$ 10), отражающая фракционирование лантаноидов на фациальном профиле седиментации.

При изучении осадочных и метаосадочных пород большое значение имеет определение условий их осадкообразования. Если для фанерозоя данная задача решается довольно успешно, то для более древних дорифейских отложений из-за метаморфических преобразований однозначно определить генезис нельзя, поэтому при палеофациальных реконструкциях возрастает роль геохимических методов.

Применение редкоземельных элементов (REE) для восстановления первоначальной природы метаосадочных пород обусловлено их инертным поведением на ранних стадиях метаморфизма (Ефремова и др., 1985; Изучение опорных..., 1986; Балашов, 1976; Конди, 1983; Ронов и др., 1977; Холодов и др., 2001). В основе реконструкций условий осадкообразования лежит представление о различных формах миграции редких земель (взвесь, растворенное вещество, сорбированный комплекс), что приводит к фракционированию лантаноидов на первоначальном профиле седиментации: в составе центральных частей бассейнов преобладают тяжелые REE совместно с иттрием, в прибрежных условиях преимущественно накапливаются легкие редкие земли [1, 2]. В работе применяется разделение лантаноидов на легкие - LREE (La - Pr), средние - MREE (Nd - Dy) и тяжелые HREE (Ho - Lu, Y). Иттрий на основании близости геохимических свойств, валентности и ионного радиуса рассматривается совместно с тяжелыми лантаноидами.

Ранее для определения палеофациальных условий (в частности глубины палеобассейна) автором применялись геохимические коэффициенты La/Sm, Ce/Sm, Yb/Sm, Y/Sm, La/Yb, характер распределения редких земель, нормированных к среднему содержанию REE в глинах платформ [2, 3, 4]. В данной работе применяется разработанная автором треугольная диаграмма в системе: LREE - MREE - (HREE $\times$ 10), позволяющая использовать все лантаноиды, а не отдельные геохимические отношения пар элементов; дать предельно краткую характеристику фациальных условий; сравнивать одновременно большое количество геохимических анализов.

В основе построений результаты 83 химических анализов по курской серии (образцы автора),

по криворожской серии (34 анализа) материалы Ю.А.Балашова [1], всего 117 анализов. Определение микроэлементов проводилось в лаборатории ИГЕМ РАН (г. Москва) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS). Анализы выполнены с использованием квадрупольного масс-спектрометра PLASMA QUAD PQ2+TURBO английской фирмы VG Instruments.

Объектом изучения являются курская и криворожская серии нижнего протерозоя, развитые в пределах Воронежского кристаллического массива (ВКМ) и Украинского кристаллического щита (УКЩ). Возможность применения REE для реконструкций образования железистых кварцитов (роговиков по Ю.А.Балашову) основана на представлении автора о хемогенно-осадочном образовании джеспилитов, при котором большая часть вещества мобилизована процессами корообразования в пределах суши и переотложена в конечных бассейнах седиментации [5].

Курская серия нижнего протерозоя резко несогласно залегает на различных породах архея, нередко на докурских корах выветривания и продуктах их переотложения. Сформирована она в интервале 2500-2300 млн. лет и считается аналогом криворожской серии [6, 7]. Породы курской серии слагают крылья крупных и ядра более мелких синклинальных структур. Мощности серии изменяется от 20 до 2000 м, в среднем составляя 1500 м [8]. В составе курской серии выделяются две свиты: нижняя - стойленская (песчаниково-сланцевая) и верхняя - коробковская (железородная). Коробковская свита залегает на подстилающих породах стойленской свиты без видимого несогласия и представлена достаточно хорошо выдержанными чередующимися толщами железистых кварцитов и сланцев, что позволило выделить в ней две подсвиты железистых кварцитов (железородные) и две сланцевые подсвиты. Мощность свиты изменяется от первых метров до 1200 м.

Криворожская серия развита в пределах УКЩ и слагает узкую синклинальную складку изометричного строения. Суммарная мощность серии ориентировочно 3000 м. Возрастной интервал формиро-

вания – 2600 – 2000 млн. лет. В составе серии выделяют три свиты: нижнюю - терригенно-карбонатную, представленную в основании метагравелитами и метапесчаниками, сменяющимися выше карбонатными породами; среднюю – железорудную, представленную семью горизонтами, включающими безрудные (биотит-хлорит-амфиболовые сланцы) и рудные (магнетит-мартитовые, карбонат-магнетитовые роговики); верхнюю - терригенно-карбонатную, представленную чередованием метапесчаников, конгломератов, углисто-сланцевых сланцев и карбонатных пород (данные по криворожской серии заимствованы из работы Ю.А.Балашова [1]).

Анализ приведенных треугольных диаграмм (рис. 1) позволяет сделать ряд выводов по особенностям формирования курской и криворожской серий нижнего протерозоя.

**Криворожская серия.** Для образований нижней свиты (рис. 1 – А) хорошо выражен трансгрессивный цикл развития территории, что подтверждается положением фигуративных точек, образующих фациальный ряд седиментации: обломочные породы – глины - карбонатные породы. Наиболее мелководные метапесчаники нижней части разреза, сменяются более мелководными метапелитами, завершают разрез наиболее мелководные образования - карбонатные породы, представленные доломитизированными известняками. Несколько особняком на диаграмме находятся конгломераты, образование которых может быть связано с формационными размывами внутри свиты. Средняя железорудная свита является более мелководной по отношению к подстилающей и перекрывающей свитам. Внутри нее четко прослеживается фациальный ряд: метапелиты (сланцы кварц-серицит-хлоритовые, кварцево-хлоритовые, биотит-хлоритовые) - безрудные роговики (амфиболо-карбонатно-хлоритовые) - рудные роговики (гидрогетитовые, магнетито-хлоритовые, магнетито-мартитовые, амфиболо-магнетитовые) и джеспилиты, где наиболее мелководные породы - рудные роговики и джеспилиты. Для верхней свиты так же проявлена фациальная зональность от наиболее мелководных филлитов к более мелководным метапесчаникам, затем к мелководным гравелитам и метагравелитам.

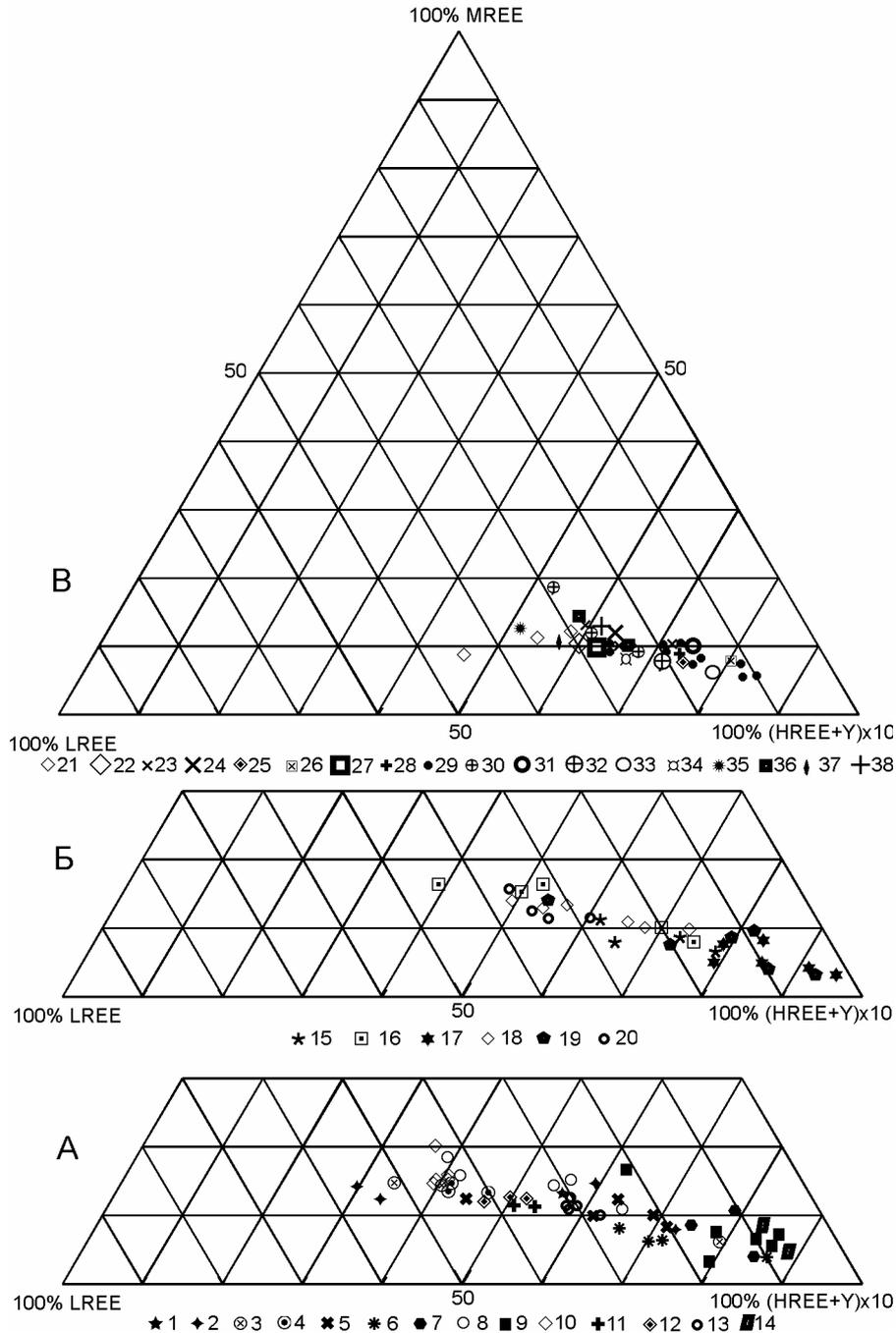
При анализе диаграммы (рис 1 – А) прослеживается фациальная зональность, выражающаяся следующим рядом (от наиболее мелководных к мелководным): рудные роговики и джеспилиты – карбонатные породы – безрудные роговики – метапелиты – метапесчаники – гравелиты и метагравелиты, а так же трансгрессивно-регрессивный цикл развития территории, при котором максимум трансгрессии приходится на среднекриворожское время.

**Курская серия в пределах Коробковского участка (Стретенская залежь) (рис. 1 – Б).** Осадконакопление обломочных пород нижней стойленской подсвиты происходило в довольно мелководных условиях, для средней части разреза характерно некоторое обмеление палеобассейна. Форми-

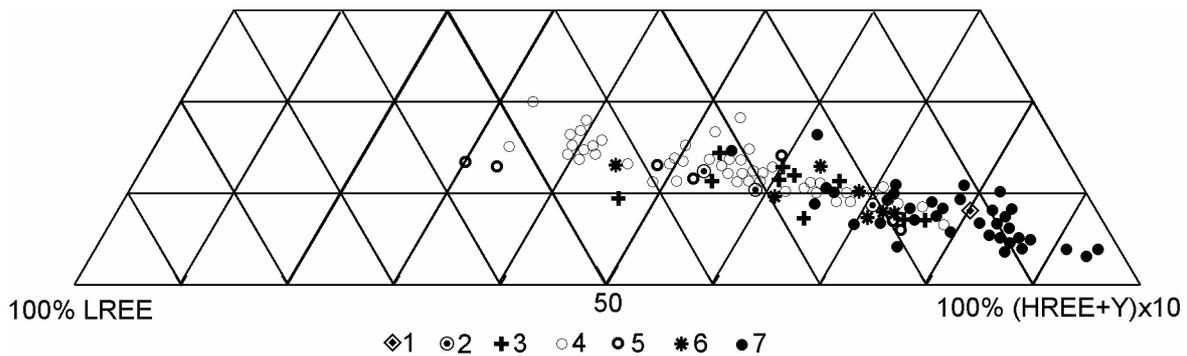
рование нижней части разреза метапелитов верхней стойленской подсвиты происходило в относительно мелководных обстановках, близких к условиям образования нижней подсвиты, выше по разрезу отчетливо прослеживается обмеление палеобассейна. Железистые кварциты нижней и верхней железорудных подсвит наиболее мелководные образования в пределах Стретенской залежи. Для нижней железорудной подсвиты отмечается некоторое обмеление в средней части разреза. Для верхней железорудной подсвиты хорошо выражен регрессивный цикл развития (обмеление остановок формирования средней и верхней частей разреза), продолжающийся и для верхней сланцевой подсвиты. Нижняя сланцевая подсвита по сравнению с верхней подсвитой является более мелководной, внутри нее хорошо выражен трансгрессивно-регрессивный цикл, показывающий уменьшение глубины формирования средней части разреза.

**Курская серия в пределах Лебединского участка (рис. 1 – В).** Формирование нижней стойленской подсвиты характеризуется большой пестротой обстановок – от крайне мелководных (возможно континентальных) до относительно мелководных морских, на что указывает разброс фигуративных точек сланцев, безрудных кварцитов и метапесчаников, слагающих подсвиту. Отложения верхней стойленской подсвиты образованы в относительно мелководных условиях, близость положения фигуративных точек указывает на стабильные условия осадконакопления. Железистые кварциты рудных подсвит Коробковской свиты сформированы в более мелководных условиях, чем перекрывающие и подстилающие отложения. Для нижней железорудной подсвиты отчетливо прослеживается трансгрессивно-регрессивный цикл развития: наиболее мелководные образования (малорудные кварциты) слагают нижнюю и верхнюю части разреза; максимум углубления (рудные кварциты) соответствуют концу средней – началу верхней частей разреза. Верхняя железорудная подсвита по условиям образования является более мелководной, чем нижняя, для ее верхней части отчетливо прослеживается обмеление бассейна. Нижняя сланцевая подсвита является более мелководной по сравнению с верхней сланцевой. Положение фигуративных точек пород нижней сланцевой подсвиты показывает обмеление палеобассейна в средней части разреза. Близкое положение фигуративных точек для верхней сланцевой подсвиты позволяет предположить стабильные обстановки осадконакопления.

**Курская серия в пределах Михайловского участка (рис. 1 – В).** Формирование верхней стойленской подсвиты происходило в мелководных условиях в достаточно стабильных фациальных обстановках, что подтверждается близостью фигуративных точек безрудных кварцитов и сланцев. Нижняя сланцевая коробковская подсвита образована в более мелководных условиях. Железистые кварциты верхней железорудной подсвиты являются наиболее мелководными породами.



**Рис. 1. Распределение REE для отложений стойленской и коробковской свит курской серии (ВКМ) и криворожской серии (УКЩ).** А - REE в отложениях криворожской серии (данные по Ю.А.Балашову, 1976 [1]). Нижняя подрудная свита: 21 – метапесчаники; 22 – среднее для метапесчаников; 23 – сланцы; 24 – среднее для сланцев; 25 – конгломераты; 26 – доломитизированные известняки; 27 – среднее для нижней свиты. Средняя железорудная свита: 28 – роговики безрудные; 29 – роговики рудные и джеспилиты; 30 – сланцы; 31 – среднее для семи железорудных горизонтов; 32 – среднее для семи безрудных горизонтов; 33 – среднее для железорудной свиты. Верхняя надрудная свита: 34 – филлиты; 35 – гравелиты; 36 – метапесчаники; 37 – метагравелиты; 38 – среднее для верхней свиты. Б – REE в отложениях курской серии Коробковского участка (Стретенская залежь). Стойленская свита. Нижняя подсвита: 15 - метапесчаники; верхняя подсвита: 16 – сланцы. Коробковская свита. Нижняя железорудная подсвита: 17 - железистые кварциты; нижняя сланцевая подсвита: 18 – сланцы; верхняя железорудная подсвита: 19 - железистые кварциты; верхняя сланцевая подсвита: 20 - сланцы. В – REE в отложениях курской серии Лебединского и Михайловского участков. Лебединский участок. Стойленская свита. Нижняя подсвита: 1 – метапесчаник; 2 – безрудные кварциты; 3 – сланцы; верхняя подсвита: 4 – сланцы. Коробковская свита. Нижняя железорудная подсвита: нижняя часть подсвиты: 5 - малорудные и рудные железистые кварциты; средняя часть подсвиты: 6 - железистые кварциты; верхняя часть подсвиты: 7 - железистые кварциты; нижняя сланцевая подсвита: 8 - сланцы; верхняя железорудная подсвита: 9 - железистые кварциты; верхняя сланцевая подсвита: 10 - сланцы. Михайловский участок. Стойленская свита. Нижняя подсвита: 11 – безрудные кварциты; 12 – сланцы. Коробковская свита. Нижняя сланцевая подсвита: 13 – сланцы; верхняя железорудная подсвита: 14 – железистые кварциты



**Рис. 2.** Распределение REE в различных литологических типах пород курской и криворожской серий: 1 – карбонатные породы; 2 – конгломераты, гравелиты и метагравелиты; 3 – метапесчаники; 4 – сланцы; 5 – безрудные кварциты и роговики; 6 – малорудные кварциты и роговики; 7 – железистые кварциты и рудные роговики

Выявленные с помощью треугольной диаграммы закономерности образования курской серии не противоречат общей истории формирования территории. По литературным данным [9] трансгрессия, начавшаяся в стойленское время, достигает максимума в раннекоробковское время, что сопровождается образованием джеспилитов. Последующее обмеление привело к отложению преимущественно глинистых пород (нижняя сланцевая подсвита). Второй максимум трансгрессии привел к образованию джеспилитов верхней железорудной подсвиты, сменившийся последующем уменьшением глубины палеобассейна в позднекоробковское время. Регрессивный цикл развития территории подтверждается последними данными [10], согласно которым вышележащая роговская свита нижнего протерозоя, представленная переслаивающимися метаморфизованными известняками и доломитами с прослоями углеродистых сланцев кварц-сланюстного состава, завершает указанный цикл развития и может рассматриваться как верхнее подразделение курской серии. Таким образом отчетливо просматривается трансгрессивно-регрессивный цикл развития территории, где максимумы трансгрессии приходятся на начало и середину коробковского времени.

Интерпретация положения фигуративных точек на треугольной диаграмме соответствует данной модели образования курской серии. Исключением является породы нижней стойленской подсвиты, относимые по происхождению к континентальным и мелководным прибрежно-морским [9]. На предложенной диаграмме фигуративные точки пород данного возраста соответствуют относительно глубоководным условиям седиментации. Возможно несколько вариантов интерпретации. Первый: за счет высоких скоростей осадкообразования, сопровождающихся быстрыми изменениями глубин палеобассейна, фациальные обстановки неустойчивы во времени, что приводит к разбросу фигуративных точек на диаграмме. Второй: формирование первичных осадков начальной стадии регрессивного цикла происходило в глубоководных понижениях, разделенных перемычками, в условиях резко изменяющихся фациальных обстановок, что и наблюдается на Лебединском участке. Третий: обломочные поро-

ды менее информативны, чем глинистые и хемогенные, что приводит к недостаточно четкой интерпретации поведения редких земель на диаграмме.

При рассмотрении распределения литологических разновидностей пород в зависимости от глубины образования (рис. 2) отчетливо выражен тренд: сланцы – безрудные, малорудные кварциты, роговики – железистые кварциты, рудные роговики, карбонатные породы, что полностью согласовывается с выводами Н.А.Плаксенко о глубоководности образования железистых кварцитов [11]. Метапесчаники, гравелиты и конгломераты занимают промежуточное положение на профиле седиментации, что связано с их формированием в локально углубленных частях бассейнов. Для безрудных подсвит прослеживаются фациальные ряды от более глубоководных глинистых отложений к более мелководным обломочным (рис. 1). На диаграмме можно выделить трансгрессивно-регрессивные циклы разных порядков, от более мелких, совпадающих по времени развития с подсвитой (циклиты 5-го ранга, продолжительностью 22,5-10,0 млн. лет по семиранговой классификации В.И.Сиротина [12]), до более крупных, отвечающих серии в целом (циклы 1-го и 2-го рангов, продолжительностью соответственно 500-600 и 150-200 млн. лет) (рис. 1).

Приведенная треугольная диаграмма фиксирует только глубину образования и позволяет выделить фациальные ряды седиментации. Однозначного решения о площадных размерах бассейнов пока нет. Если рассматривать современные осадочные бассейны континентальных рифтов (пробором которых ряд авторов считают палеобассейн курского времени), то их отличительные особенности заключаются не в индикационных формационных рядах, а в быстрой латеральной изменчивости составов и громадных мощностях отложений [13]. Так, для рифтового оз. Танганьика на протяжении всего 20 км наблюдается следующий латеральный ряд осадочных толщ: дельтовые, подводного конуса выноса, турбидитов и оползневых образований, контуристов (Грачев, 1987). Таким образом, ширина палеобассейнов курского времени может быть сопоставима с размерами оз. Байкал и составлять первые десятки километров.

Разработанная треугольная диаграмма имеет следующие достоинства: позволяет сравнивать по глубине осадкообразования различные палеобассейны, а также отдельные этапы их развития; изучать фациальные ряды образования метасадочных пород; выделять трансгрессивно-регрессивные циклы разных рангов; подтверждает образование железистых кварцитов на наиболее глубоководной части фациального профиля седиментации, что может служить дополнительным признаком для выяснения условий их образования.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Балашов Ю.А. Геохимия редкоземельных элементов. - М., 1976. -267 с.
2. Зеленская А.Н., Шатров В.А., Сиротин В.И. Палеофациальные условия образования сланцев курской серии КМА (по результатам изучения распределения REE) // Вестн. Воронеж. ун-та. Геология. -1999. -№ 7. -С. 39 – 44
3. Шатров В.А., Сиротин В.И., Войцеховский Г.В. Редкоземельные и малые элементы как индикаторы условий образования железистых кварцитов (на примере Лебединского месторождения КМА) коры // Докл. РАН. – 2002. –Т. 386, № 5. -С.668–671.
4. Сиротин В.И., Шатров В.А., Войцеховский Г.В. Редкие земли как индикаторы обстановок осадкообразования в раннем протерозое (на примере курской серии КМА) // Генетический формационный анализ осадочных комплексов фанерозоя и докембрия: Матер. 3-го Всеросс. литологического совещ. (Москва, 18 – 20 марта 2003 г.) – М., 2003. – С.254 – 256.
5. Холодов В.Н, Бутузова Г.Ю. Проблемы геохимии железа и фосфора в докембрии // Литология и полезные ископаемые. - 2001. -№4. -С.339-352.
6. Леоненко И.Н., Полищук В.Д., Зайцев Ю.С. Докембрий Воронежской антеклизы // Бюл. МОИП. Отд. геол. -1967. Т. 42, вып. 5. -С.74 – 85.
7. Лебедев И.П., Полякова Т.Н., Поскрякова М.В. и др. Развитие зон раннепротерозойского внутриконтинентального рифтогенеза Воронежского кристаллического массива // Проблемы геодинамики и минерагении Восточно-Европейской платформы: Матер. Междунар. конфер. Т.1. - Воронеж, 2002. - С.150 – 151.
8. Железные руды КМА (Под ред. В.П.Орлова, И.А.Шевырева, Н.А. Соколова). -М.,2001. -616 с.
9. Геология, гидрогеология и железные руды бассейна Курской магнитной аномалии. Т. 1, кн. 1. -М., 1970. - 439 с.
10. Чернышов Н.М., Холин В.М., Ненахов В.М. Геодинамическое моделирование как метод расчленения и корреляции раннедокембрийских стратифицированных образований (на примере курской и оскольской серий КМА) // Материалы III Всероссийского совещания «Общие вопросы расчленения докембрия». – Апатиты, 2000. -С. 273 – 276.
11. Плаксенко Н.А. Главнейшие закономерности железорудного осадконакопления в докембрии. –Воронеж, 1966. -264 с.
12. Сиротин В.И., Бугельский Ю.Ю., Новиков В.М., Слукин А.Д. Особенности изотопии серы, поведения лантаноидов и микроэлементов в пиритах и марказитах Воронежской антеклизы // Вестн. Воронеж. ун-та. Геология. --2000. -№ 5 (10). -С. 47 – 52.
13. Минерагения осадочных бассейнов континентов и периконтинентальных областей. – М., 1998. - 590 с.

УДК 551.762(67).671.54

## ВОЗРАСТ, СОСТАВ И СТРУКТУРНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ТАТАУРОВСКОЙ СВИТЫ (ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

В.С. Платов, О.Р. Минина, А.А. Савченко, Л.Н. Неберикутина\*

ГФУП «Бурятгеоцентр», г. Улан-Удэ

\*Воронежский государственный университет

В статье приведена литологическая характеристика, стратиграфическое и структурное положение татауровской свиты. Возраст татауровской свиты остро дискуссионен. Свита разными авторами рассматривалась в составе разновозрастных отложений начиная от верхнепротерозойских и до третичных. Новые палинологические материалы свидетельствуют о ее принадлежности к позднему палеозою. По литологии, характеру метаморфических преобразований и особенностям строения отложения свиты сопоставимы с позднепалеозойскими (С<sub>2</sub>-Р<sub>1</sub>) стратонами Западного Забайкалья.

### Введение

Татауровская свита распространена в бассейне нижнего течения р. Селенги. Стратотипом свиты служит обнажение по правому берегу последней, выше устья р. Итанцы (рис. 1, разрез 1). В качестве гипостратотипа, наращивающего стратотипический разрез, предложен разрез в верхнем течении руч. Бурлаковка (см. рис. 1, разрез 2). За пределами стратотипической местности (междуречье Поперечная –

Халюта) метаморфизованные конгломераты татауровской свиты были установлены Д.В. Ветровым (1958). В нижнем течении р. Курбы, восточнее рассматриваемой площади, в составе свиты по данным Ф.Г. Рейфа (1967) присутствуют мощные (до 250 м) горизонты кислых лав и туфов. Однако при составлении легенды Селенгинской серии листов масштаба 1:200000 В.В. Балхановым (1999) вулканогенные породы в составе свиты не рассматривались. При проведении ГДП-200 в пределах листов М-48-V, VI