

## О ХАРАКТЕРЕ ПОСТСЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ПАЛЕОЗОЙСКОГО ФУНДАМЕНТА НА ЮГЕ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ

Л. В. Кокшина, Г. А. Мизенс

Статья основана на материале, полученном в результате изучения керна параметрической скважины Курган-Успенская-1 (КУ-1), пробуренной в 2008 г., и ряда структурно-поисковых скважин, бурившихся в восточных районах Курганской области (рис. 1). Данная территория находится в пределах Тобол-Убаганского поднятия и Вагай-Ишимской впадины – структурных элементов северной части Боровской зоны, относящейся к окраине Казахстанского палеоконтинента вблизи зоны сочленения Уральских и Казахстанских структур [3 и др.]. Изучение ее проводилось в соответствии с Госконтрактом 8/08.

Расчленение и корреляция разрезов верхней части палеозойского фундамента рассматриваемого района обосновано О.И. Богуш [1], А.М. Пумпянским [5–7], Ю.А. Ехлаковым и др. [2], Т.И. Степановой и др. [10], Г.А. Мизенсом и др. [4]. В то же время данных по вещественному составу осадочных пород очень немного. В единичных публи-

кациях приводятся лишь самые общие сведения. Так, А.М. Пумпянский [5] отмечает, что средневерхнедевонские красноцветные песчаники “имеют полимиктовый состав, но зерна кварца и полевого шпата преобладают. Присутствует туфогенный материал”. Ю.А. Ехлаков с соавторами [2] установили, что нижнекаменноугольные песчаники, изученные по керну скважины КУ-1, “являются вулканотерригенными (и туффитами), в составе которых почти постоянно присутствует пирокластическая. Цемент порово-пленочный – окисленная железистая глина, в основном монтмориллонит”.

### КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРЕЗОВ СКВАЖИН, ВСКРЫВШИХ ПЕСЧАНО- ГЛИНИСТЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ

**Скважина КУ-1**, глубиной 2503 м, вскрыла разбитый на блоки разрез фаменских, турнейских и нижневизейских отложений [10]. Фаменская часть этого разреза (интервалы 2216–2503 м, 2050–2116 м, 1450–1794 м) сложена известняками, глинистыми известняками и доломитами. К нижнему турне (2116–2216 м) условно отнесена карбонатно-сульфатная толща с прослоями (линзами) песчаников и глинистых пород. Верхнетурнейский разрез, вскрытый в интервалах 1794–2050 м и 1318–1450 м, представлен глинистыми известняками с маломощными прослоями аргиллитов, реже песчаников. Визейский ярус (нижний подъярус) сложен четырьмя толщами, различающимися по общему составу и строению. Нижняя – песчано-известняковая (952–1177 м) состоит из глинистых известняков, с примесью песчаного материала, которые кверху постепенно сменяются песчаниками с линзами и прослоями карбонатов. Выше, в интервале 561–952 м, залегает толща красноцветных песчаников и аргиллитов. Вторая песчано-известняковая толща (498–561 м) представлена чередующимися известняками, песчаниками и глинистыми породами. Верхняя красноцветная толща (469–498 м) сложена чередующимися песчаниками и глинистыми породами. Она, вероятно, имеет послеранневизейский возраст.

**Скважина ВК-37** вскрыла досреднедевонские породы [4], относящиеся к нижнему структурному этажу. Разрез в интервале 430.0–733.6 м представляет собой толщу кварц-серицитовых слан-

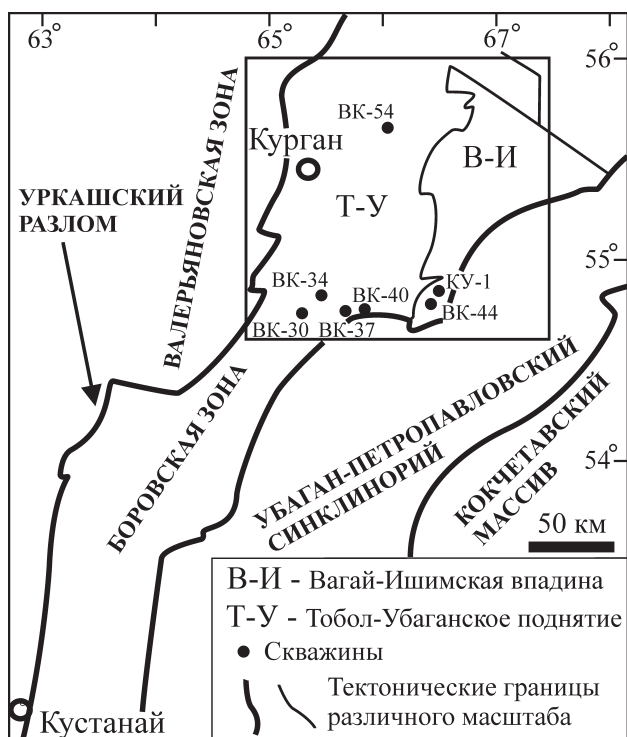


Рис. 1. Местоположение изученной площади на юге Западно-Сибирской плиты.

цев, мощностью 100–120 м, прорванную дайками долеритов.

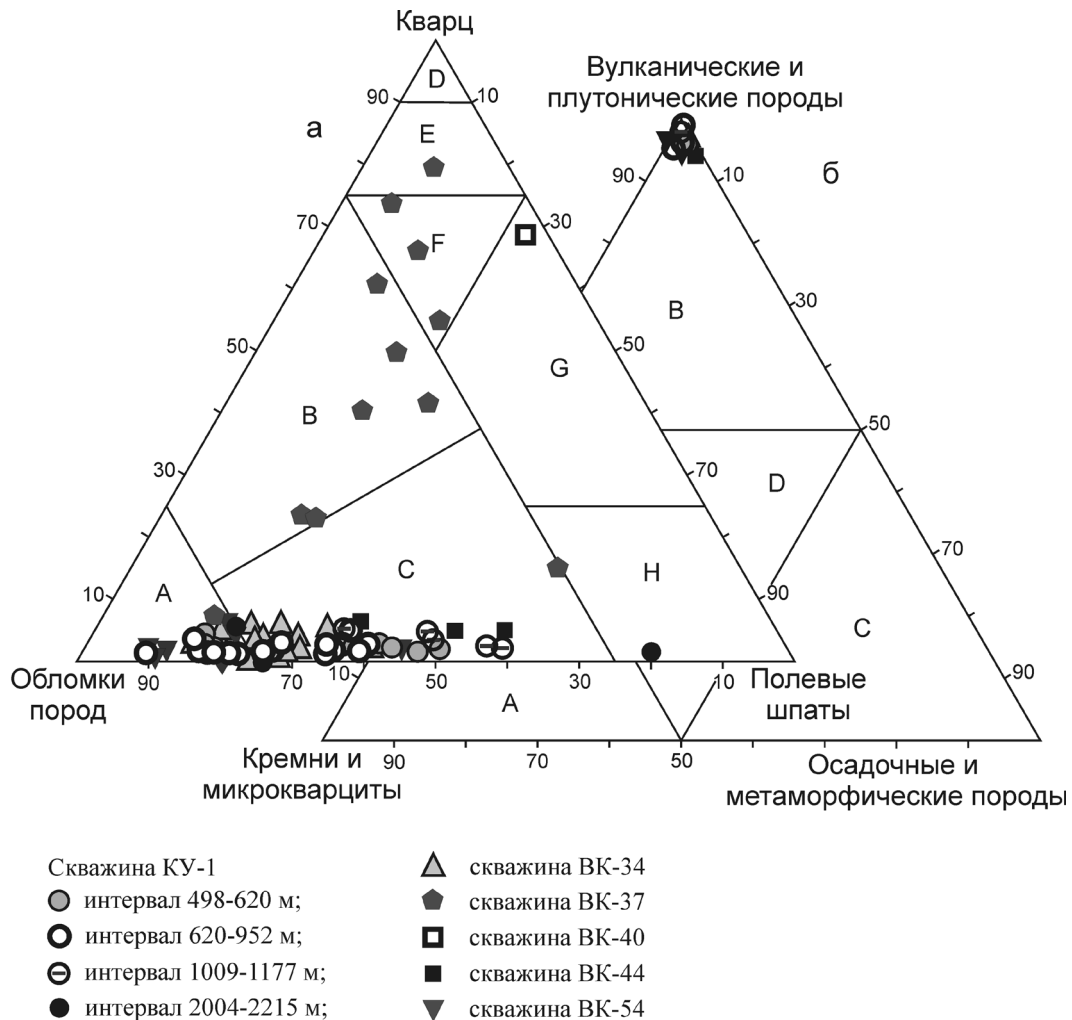
**Скважинами ВК-34 и ВК-54** разбурены средне-верхнедевонские красноцветы [4]: чередующиеся грубообломочные (в том числе конгломераты) и относительно тонкозернистые породы общей мощностью около 140 м. В скважине ВК-34 они вскрыты в интервале 464.7–603.2 м, в другой скважине (ВК-54) – на глубине 745.7–844.6 м под толщей триасовых базальтов и долеритов.

**Скважина ВК-44** в интервале 429.5–541.0 м прошла верхнетурнейскую карбонатную толщу, сложенную известняками и глинистыми известняками с примесью силикатного песчаного материала.

В **скважине ВК-40** разрез сложен терригенными породами и базальтами нижнего-среднего триаса. Терригенная толща (659.2–700.5 м) представлена чередующимися грубозернистыми песчаниками (до гравелитов) и глинистыми породами.

## ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЕСЧАНИКОВ

В изученных разрезах установлены три группы песчаников, заметно различающиеся по составу (рис. 2). Первая группа (скважина ВК-37) – существенно кварцевые разности, метаморфизованные до уровня кварц-серицитовых сланцев: кварцевые и полевошпат-кварцевые граувакки, олигомиктовые и кварцевые песчаники с прослоями кварц-полевошпатовых граувакк и собственно граувакк. Вторая группа – слабо измененные петрокластические разности полевошпатовых и, реже, собственно граувакк, обычно с высоким содержанием плагиоклазов и очень низким (до 5%) – кварца. Представлены красноцветными образованиями среднего-верхнего девона в скважинах ВК-34 и ВК-54, а также красноцветными и сероцветными песчаниками низов нижнего карбона (турне и нижнее визе) в скважинах КУ-1 и ВК-44. К третьей



**Рис. 2.** Диаграммы состава песчаников (на основе классификации [9]).

а – основная диаграмма. А – граувакки; В – кварцевые граувакки; С – полевошпатовые граувакки; Д–Н – песчаники: Д – кварцевые, Е – олигомиктовые, F – мезомиктовые, G – аркозовые, Н – полевошпатовые. б – диаграмма соотношения обломков пород. Граувакки: А – кремневые, В – петрокластические, С – лититовые, Д – полимиктовые.

группе относятся высококварцевые аркозы триаса (скважина ВК-40).

### ХАРАКТЕРИСТИКА АУТИГЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ

В составе изученных пород отчетливо выделяются две ассоциации аутигенных минералов. Первая относится к метаморфизованным песчаникам из скважины ВК-37, где устанавливается кварц, серицит, мусковит, альбит, пирит, турмалин, стильпномелан, железистый карбонат, кальцит, доломит, каолинит. Кварц вместе с серицитом и тонкокристаллическим мусковитом формирует здесь лепидогранобластовую ткань породы, нередко со стильпномеланом (ферристильпномеланом), кристаллизующимся в виде буровато-зеленых чешуйчатых агрегатов по некоторым обломочным зернам, и, местами, глинистому матриксу. Аутигенный турмалин (шерл) нарастает на обломочные зерна светлого (магнезиального) турмалина. В виде мелких неправильных включений, главным образом по полевым шпатам, встречается кальцит и хлорит, местами видны выделения эпидота, железистого карбоната (вероятно сидерита) и доломита, лучистые агрегаты актинолита, иногда наблюдается альбитизация полевых шпатов. По всей породе неравномерно рассеян пирит, количество которого местами достигает 10% от площади шлифа. Трещины, прожилки и гнезда в серицитовых сланцах выполнены кварцем, кальцитом, железистым карбонатом, иногда микрочешуйчатым каолинитом.

Другая ассоциация аутигенных минералов отличается менее зрелым составом. Здесь практически нет эпидота, актинолита, стильпномелана, мусковита, а серицит встречается в виде разрозненных чешуек. Глинистые минералы (в цементе песчаников и в глинистых породах) представлены смешанным набором: преобладают смектиты (монтмориллониты) и смешанослойные образования с участием монтмориллонитовых слоев, присутствуют иллит, каолинит. В средне-верхнедевонских красноцветках (скважины ВК-34, ВК-54) существенную роль играют иллиты и хлориты. Широко распространены такие минералы как кварц, кальцит, доломит, каолинит, пирит, гидроокислы и окислы железа (гетит и гематит). В меньшей степени – хлорит, сидерит, в отдельных случаях развиты цеолиты, ангидрит, барит, целестин, встречаются сфалерит и халькопирит.

**Гидроокислы и окислы железа** представляют собой главное цементирующее вещество в средне-верхнедевонских песчаниках (скважины ВК-34 и ВК-54), а также (хотя и в меньшей степени) в красноцветных толщах нижнего визе (скважина КУ-1). В том числе, они развиваются по обломкам вулканических пород, биотиту, глинистому веществу, пириту. **Карбонатные минералы**, особенно каль-

цит, распространены неравномерно, но повсеместно. Кальцит часто кристаллизуется по плагиоклазам, обломкам вулканических пород, глинистому цементу в виде различных по размерам и форме выделений, иногда слагает крупные пойкилитовые кристаллы, цементирующие обломочные зерна, а также выполняет трещины в породе и заполняет пустоты. В нижнем карбоне (КУ-1) он слагает до 30–40% породы и часто представлен железистой разновидностью ( $\text{FeO} - 1.46-2.62\%$ ). Местами (нижнее визе, скважина КУ-1) по вулканитам и в порах развивается анкерит ( $\text{FeO} - 3.50-12.87\%$ ,  $\text{MgO} - 3.01-10.32\%$ ,  $\text{CaO} - 31.50-39.90\%$ ) и высокожелезистый анкерит ( $\text{FeO} - 38.37-47.65\%$ ,  $\text{MgO} - 3.16-9.89\%$ ,  $\text{CaO} - 2.59-2.71\%$ ,  $\text{MnO} - 0.66-14.67\%$ ), встречается доломит и сидерит – небольшие (0.05 мм и менее) зерна и скопления зерен, иногда выполняющие мелкие трещины. В песчаниках визейского возраста можно наблюдать почти полностью замещенные кальцитом таблички плагиоклазов. Для **кварца** характерны отдельные выделения в породе, цементирующие обломочные зерна, иногда образует совместные с кальцитом гранобластовые агрегаты (скважина ВК-34) в пустотах, кристаллизуется на стенках некоторых пор (КУ-1), встречается в миндалинах в обломках основных вулканитов, а также в трещинах. **Каолинит** (в том числе, вероятно диккит) распространен как в песчаниках и глинистых породах, так и в карбонатах. Этот минерал в виде небольших рассеянных пятен тонкоагрегатного строения присутствует в глинистой массе, кристаллизуется в порах, иногда развивается по полевым шпатам, встречается в порах и в полостях скелетных остатков раковин. **Хлорит** играет незначительную роль. Иногда он развивается по плагиоклазам, по зернам вулканитов, встречается в виде чешуйчатых агрегатов в миндалинах обломков основных и средних вулканитов, местами присутствует в цементе. **Пирит** присутствует как в тонкодисперсном виде, так и в виде многочисленных стяжений (тонко- и микрокристаллических) неправильной формы. Редко встречаются кубические кристаллы, еще реже фрамбоиды. Развивается по обломкам вулканитов, в цементе, в пустотах, очень часто непосредственно связан с выделениями битумного вещества в порах, по стилолитам и парастилолитам. Агрегатами пирита сопровождаются и растительные остатки (обрывки стеблей и листьев, ризоиды).

Некоторые аутигенные минералы имеют локальное развитие. Так, по плагиоклазам и зернам основных вулканитов иногда кристаллизуется **ангидрит**. В небольшом количестве этот минерал был обнаружен в составе девонских красноцветов (скважины ВК-34, ВК-54). Гораздо больше его в нижнем турне (скважина КУ-1), где он присутствует в виде рассеянных в глинистой массе зерен, табличек, в том числе по плагиоклазам, а также в виде

неправильных бесформенных выделений, приуроченных к слоям, которые сложены неориентированными чешуйками глинистого вещества. Местами встречается, вместе с гипсом, в центральных частях пор и микрожеод, выполняет разномастные трещины. По данным электронного микроскопического анализа ангидрит в образце с глубины 2196 м характеризуется некоторой примесью стронция (0.82–1.06%) и, в отдельных случаях, BaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, MnO, TiO<sub>2</sub>, MgO. В составе песчаников каменноугольного возраста встречаются **барит и целестин**, особенно в толще красноцветных пород, где эти минералы присутствуют в виде розеток и отдельных кристаллов, в том числе в порах и жеодах. Целестин выполняет крупные (10 мм) трещины в интервале 710.0–718.8 м. Барит иногда образует пойкилитовые кристаллы, включающие ангидрит. Выделения этого минерала содержат заметное количество стронция (в образце с глубины 875.2 м содержание SrO составляет 1.34–3.27%), а также небольшие примеси CaO, иногда MnO. Рассчитанная формула баритов из этого образца:  $(\text{Ba}_{0.93}\text{Sr}_{0.03-0.07})_{1.00}[\text{S}_{1.00-1.02}\text{O}_4]$ . **Цеолиты** (гейландиты) встречаются только в интервале 625.6–633.7 м в виде многочисленных агрегатов прозрачных ярко красных табличек, беспорядочно ориентированных или образующих розетки. Сумма щелочей (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) у этого минерала выше, чем содержание CaO, соответственно 2.81–5.54% и 1.29–1.76%. Отношение SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 4.86–5.38 (5.6). Характерно высокое содержание окисного железа (2.50–4.36%), что придает минералу красный цвет. В этом же образце, в порах встречаются единичные выделения другого цеолита, который по своим характеристикам близок к натролиту. Содержание Na<sub>2</sub>O в нем порядка 11%, а CaO всего 0.32–0.42%. В отдельных случаях (в ассоциации с цеолитом) можно встретить крупные (до 0.7 мм) кристаллы **сфалерита**. По данным рентгено-фазового анализа иногда предполагается небольшая примесь цеолита и в составе глинистых пород в скважине ВК-34. В красноцветных породах средне-верхнедевонского уровня (скважины ВК-34, ВК-54) в единичных случаях отмечается **эпидот** в виде редких мелких микро- и тонкокристаллических агрегатов и шахматный **альбит**.

На основании присутствия тех или иных минералов-индикаторов можно сделать вывод, что до среднедевонские песчаники, вскрытые скважиной ВК-37, изменены до стадии зеленосланцевой фации метаморфизма, а средне-верхнедевонские и нижнекаменноугольные отложения недотягивают даже до уровня позднего катагенеза. Для уточнения степени вторичных изменений в образцах, содержащих обугленные растительные остатки, была определена отражательная способность витринита (анализы выполнены в Испытательном центре ФГУП “ВУХИН”, г. Екатеринбург). Получен-

ные данные свидетельствуют, что в некоторых случаях степень катагенеза витринита может увеличиваться по локальным причинам, например, по проявлениям тектонического стресса в каких-то зонах, и не отражать общее состояние. Так, в нижневизейских отложениях в скважине КУ-1 по пяти образцам фиксируется уровень начала МК<sub>2</sub> ( $R^{\circ}_{vt} - 0.60-0.75\%$ ). В то же время два образца из этой же скважины преобразованы до уровня МК<sub>3</sub> и даже АК<sub>1</sub> ( $R^{\circ}_{vt} - 1.11$  и  $2.10\%$ ), что приблизительно соответствует уже позднему катагенезу по минеральным индикаторам. Значение 2.04% было получено А.Н. Фоминим [11] в рядом расположенной скважине ВК-44. Изменчивые величины отражательной способности получены и по фаменским известнякам из скважины ВК-30, расположенной несколько западнее, на Тобол-Убаганском поднятии. А.Н. Фомин относит их к зоне АК<sub>1</sub> ( $R^{\circ}_{vt} - 2.4\%$ ). Наши измерения дали уровень МК<sub>2</sub> и МК<sub>3</sub> ( $R^{\circ}_{vt} - 0.66, 0.6$  и  $1.29\%$ ).

Набор и особенности аутигенных компонентов свидетельствуют об участии флюидов в формировании минерального состава терригенных пород. В первую очередь это относится к карбонатам и каолиниту. Как известно [8 и др.], кристаллизация этих двух минералов взаимосвязана и происходит под влиянием углекислого газа, содержащегося в подземных водах. Этот газ может иметь как глубинное происхождение, так и образовываться за счет растворения подстилающих карбонатных толщ. Влияние флюидов отражает также присутствие жильного кварца, сульфатов, особенно барита и целестина (см. [12]). Об участии флюидов в формировании ассоциаций аутигенных минералов песчаников свидетельствуют многочисленные агрегаты табличек гейландита и единичные выделения натролита в ассоциации с кристаллами сфалерита в скважине КУ-1. В то же время для рассматриваемых песчаников в целом, несмотря на вулканогенный состав обломочного материала, характерно незначительное присутствие цеолитов. Лишь в редких случаях рентгено-фазовый анализ фиксирует наличие этих минералов. Точечные включения гидротермальных сульфидов, по видимому, не являются редкими, хотя в шлифах их не всегда удается диагностировать. Об их присутствии можно догадаться по ураганым содержаниям (превышающим кларковые 100 и более раз) в некоторых пробах таких элементов как цинк, кадмий, свинец, молибден. Встречаются и высокие (10–20 раз выше кларков) содержания урана, таллия, тантала, германия, меди, кобальта. Неправильное зерно сфалерита было зафиксировано и с помощью микроскопического анализа в образце доломита с глубины 2438 м. Местами отмечается также исключительно высокая концентрация стронция и лития, что возможно связано с присутствием гнезд целестина.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Богущ О.И.* Фораминиферы и стратиграфия нижнего карбона Западно-Сибирской плиты // Биостратиграфия палеозоя Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1985. С. 49–68.
2. *Ехлаков Ю.А., Угрюмов А.Н., Санфирова С.С.* Новые данные о геологическом строении палеозойского фундамента юга Курганской области (по данным изучения Курган-Успенской параметрической скважины) // Горные ведомости. 2010. № 5. С. 34–51.
3. *Ивлев А.И.* Магматизм и геодинамика области сочленения Урала и Казахстана. Рудный-Костанай: Северо-Казахстанский филиал Акад. мин. рес. Республики Казахстан, 2008. 500 с.
4. *Мизенс Г.А., Кучева Н.А., Степанова Т.И. и др.* Стратиграфия и условия образования девонских и каменноугольных отложений Тобол-Убаганского поднятия и Вагай-Ишимской впадины (югозападная окраина Западной Сибири) // Литосфера. 2011. № 4. С. 20–44.
5. *Пумпянский А.М.* Девонские отложения доюрского фундамента южной части Западно-Сибирской плиты // Новые данные по геологии Урала, Западной Сибири и Казахстана. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. С. 49–58.
6. *Пумпянский А.М.* Триас Тоболо-Ишимского междуречья юга Западно-Сибирской плиты // Новые данные по геологии Урала, Западной Сибири и Казахстана. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. С. 159–165.
7. *Пумпянский А.М.* Стратиграфия каменноугольных отложений северной части Тюменско-Кустанайского прогиба // Топорковские чтения. Вып. I. Рудный: Рудненский индустриальный институт, 1992. С. 25–32.
8. *Розин А.А., Сердюк З.Я.* Преобразование состава подземных вод и пород Западно-Сибирской плиты под воздействием глубинного углекислого газа // Литол. и полезн. ископ. 1970. № 4. С. 102–113.
9. Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов. СПб.: Недра, 1998. 351 с.
10. *Степанова Т.И., Кучева Н.А., Мизенс Г.А. и др.* Стратиграфия палеозойского разреза, вскрытого параметрической скважиной Курган-Успенская-1 (югозападная окраина Западной Сибири) // Литосфера. 2011. № 3. С. 3–21.
11. *Фомин А.Н.* Катагенез органического вещества и перспективы нефтегазоносности палеозойских отложений на юго-западе Западной Сибири // Горные ведомости. 2008. № 5. С. 18–23.
12. *Юдович Я.Э., Кетрис М.П.* Минеральные индикаторы вулканогенных продуктов в осадочных толщах. Сыктывкар: Геопринт, 2009. 42 с.