

УДК 56:551.734.5\735.1(470.13)

Вевель Я.А., Журавлев А.В., Попов В.В.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (ФГУП «ВНИГРИ»), Санкт-Петербург, Россия, yadviga_vevel@mail.ru, micropalaeontology@gmail.com, ins@vnigri.ru

ПОГРАНИЧНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ДЕВОНСКОЙ И КАМЕННОУГОЛЬНОЙ СИСТЕМ В РАЗРЕЗЕ НА Р. КАМЕНКА (ПЕЧОРО-КОЖВИНСКИЙ МЕГАВАЛ, ТИМАНО-ПЕЧОРСКАЯ ПРОВИНЦИЯ)

На примере разреза р. Каменка предлагается решение вопроса о проведении девонско-каменноугольной границы в мелководных отложениях с применением циклостратиграфического метода (по максимуму регрессии) при контроле биостратиграфическими данными (конодонты, фораминиферы). Рассматривается закономерная связь выделенных основных комплексов фораминифер и конодонтов с фациями. Выявленная зависимость магнитной восприимчивости пород от колебаний уровня моря, вероятно, связана с изменением содержания терригенной примеси в карбонатных породах.

***Ключевые слова:** конодонты, фораминиферы, циклостратиграфический метод, палеомагнитные данные, граница девона и карбона, Тимано-Печорская провинция.*

Южная часть Печоро-Кожвинского мегавала – один из районов в пределах Тимано-Печорской провинции, где обнажаются мелководные глинисто-карбонатные верхнедевонские и каменноугольные отложения. Детальные стратиграфические данные, полученные по этому району, могут быть экстраполированы на закрытые районы Верхнепечорской впадины и юго-востока Ижма-Печорской синеклизы. Цель данной работы – дать комплексную стратиграфическую характеристику пограничных отложений девонской и каменноугольной систем в разрезе на р. Каменка, расположенном на юге Печоро-Кожвинского мегавала (рис. 1), и выявить критерии прослеживания этой границы в мелководных фациях.

Разрез верхнедевонско-нижнекаменноугольных отложений на р. Каменка (N 65° 04.457' E 56° 42.823') охарактеризован комплексом биостратиграфических (фораминиферы, конодонты, остракоды и кораллы) и циклостратиграфических данных [Zhuravlev et al., 1999; Журавлев, 2003; Соболев, 2005; Еременко и др., 2008; Вевель, 2009]. В 2010 г. по этому разрезу впервые удалось получить палеомагнитные материалы.

Ниже приводится послойное описание разреза в нормальной стратиграфической последовательности; распределение конодонтов и фораминифер приведено в табл. 1, 2, привязка образцов к разрезу – на рис. 2, изображения характерных форм – на фототаблице.

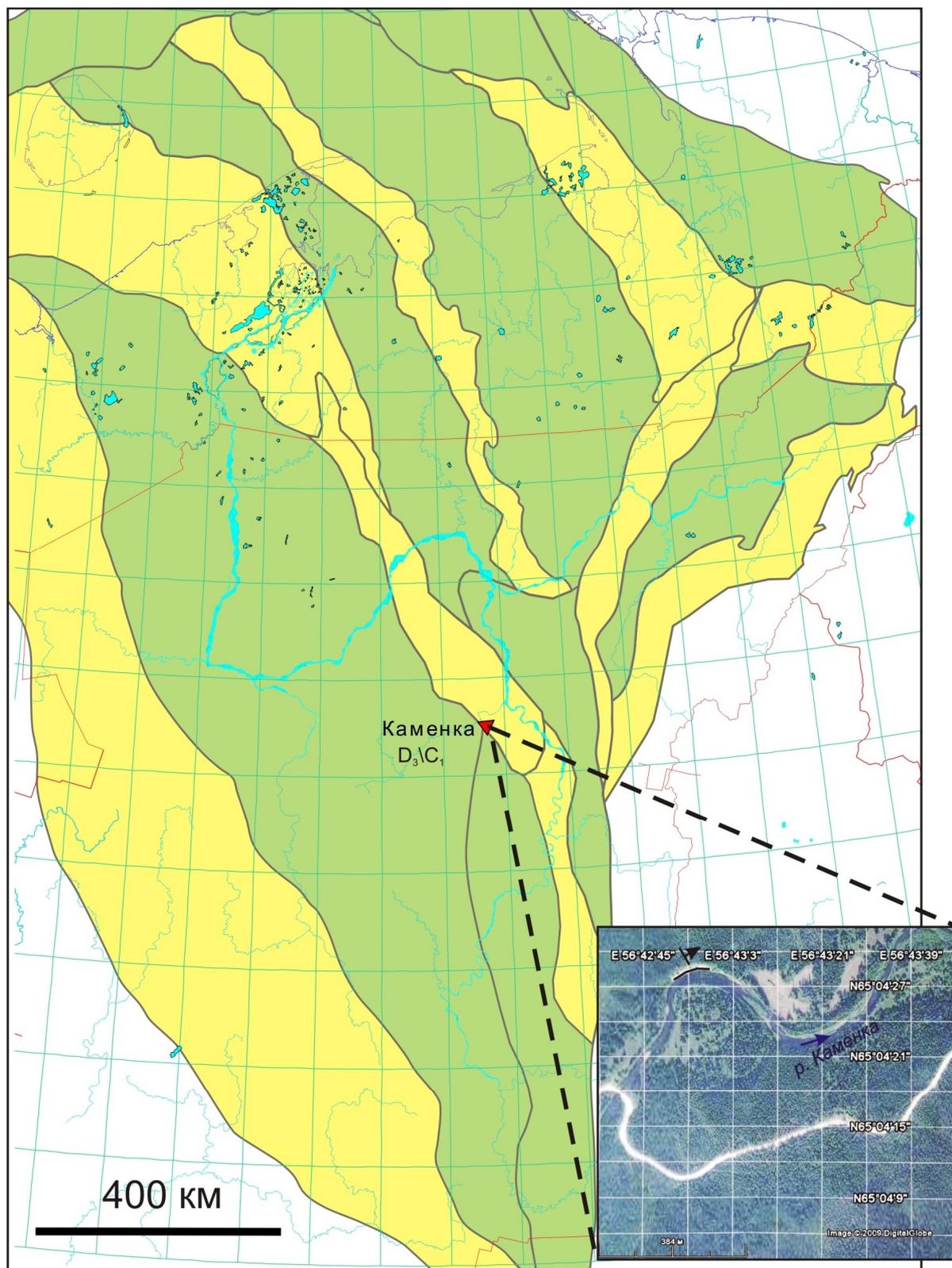


Рис. 1. Схема расположения разреза на р. Каменка

1 - разрез на р. Каменка; 2-3 - структурные элементы: 2 – впадины, 3 - валы и поднятия.

Таблица 1

Распределение конодонтов в разрезе на р. Каменка

| Образец | <i>Patrognathus crassus</i> | <i>Patrognathus variabilis</i> | <i>Patrognathus andersoni</i> | <i>Siphonodella praesulcata</i> | <i>Siphonodella sulcata</i> | <i>Siphonodella bella</i> | <i>Siphonodella quasimoda</i> | <i>Siphonodella semichatovae M1</i> | <i>Siphonodella semichatovae M2</i> | <i>Polygnathus parapetus</i> | <i>Polygnathus corrugatus</i> | <i>Polygnathus paprothae</i> | <i>Polygnathus elongodosus</i> | <i>Polygnathus lacinatus</i> | <i>Polygnathus communis communis</i> | <i>Polygnathus siphonellus</i> | <i>Pseudopolygnathus dentilineatus</i> | <i>Pseudopolygnathus primus</i> | <i>Pseudopolygnathus pseudostrigosus</i> | <i>Hindeodus crassidentatus</i> | <i>Hindeodus penesitulus</i> | <i>Mehlina strigosa</i> | <i>Branmehla inornata</i> | <i>Clydognathus ormistoni</i> | <i>Spathognathodus discretus</i> | <i>Bispathodus aculeatus</i> | <i>Bispathodus stabilis</i> | <i>Ligonodina sp.</i> |
|-------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 121-0-1/96 | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | |
| 121a-2/10 | | | | | | 1 | | | | 6 | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | | 1 | |
| 121-1/96 | 1 | | | 2 | | | | 1 | | 5 | | | | | 5 | | | | | | | | 1 | | | | 1 | |
| 121a-3/10 | | | | | | | 1 | | | 5 | | | | | 5 | | | | | 1 | | | | | | | | |
| 121-0-2/96 | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 121a-4/10 | | | | | | 3 | | | | 5 | | | 1 | | 6 | | | | | | | | | | | | | |
| 121a-5/10 | | | | | 2 | 1 | 2 | | | 23 | | | | | 11 | | 1 | 2 | | 3 | | | | | | | | |
| 121a-6/10 | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 121-1-5/90 | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 121a-7/10 | | | | | | 1 | | | | 3 | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | |
| 121-4/96 | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 121a-9/10 | | | | | | 1 | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 121-1-6/90 | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 121-6/96 | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| 121a-10/10 | | | | | | 1 | | | | 3 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 121-7/96 | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 121a-11/10 | | | | | | 4 | | | | 4 | | | | | 3 | | | | | 1 | | | | | | | | |
| 121-8/96 | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 121-1-8/90 | | | | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 121-10/96 | | | | | | | | | | 2 | | | | | 1 | | | | | | | 2 | | | | | | |
| 121-14/96 | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 121-1-10/90 | 1 | | | | | | | | | 2 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 121a-24ПМ | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 121-18/96 | | | | | | | | | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 121-19/96 | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 121a-14/10 | | | | 1 | | | | | | 7 | | | | 3 | 4 | | | | | | | | | | | | | |
| 121-20-C/96 | 1 | 2 | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | |
| 121-20-L/96 | | | | | | | | | | 8 | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | |
| 121-21/96 | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | 1 | | | | | | |
| 121-1-11/90 | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 121-23/96 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 121-24/96 | 1 | 3 | 1 | | 1 | | | | | 3 | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | |

Продолжение табл. 1

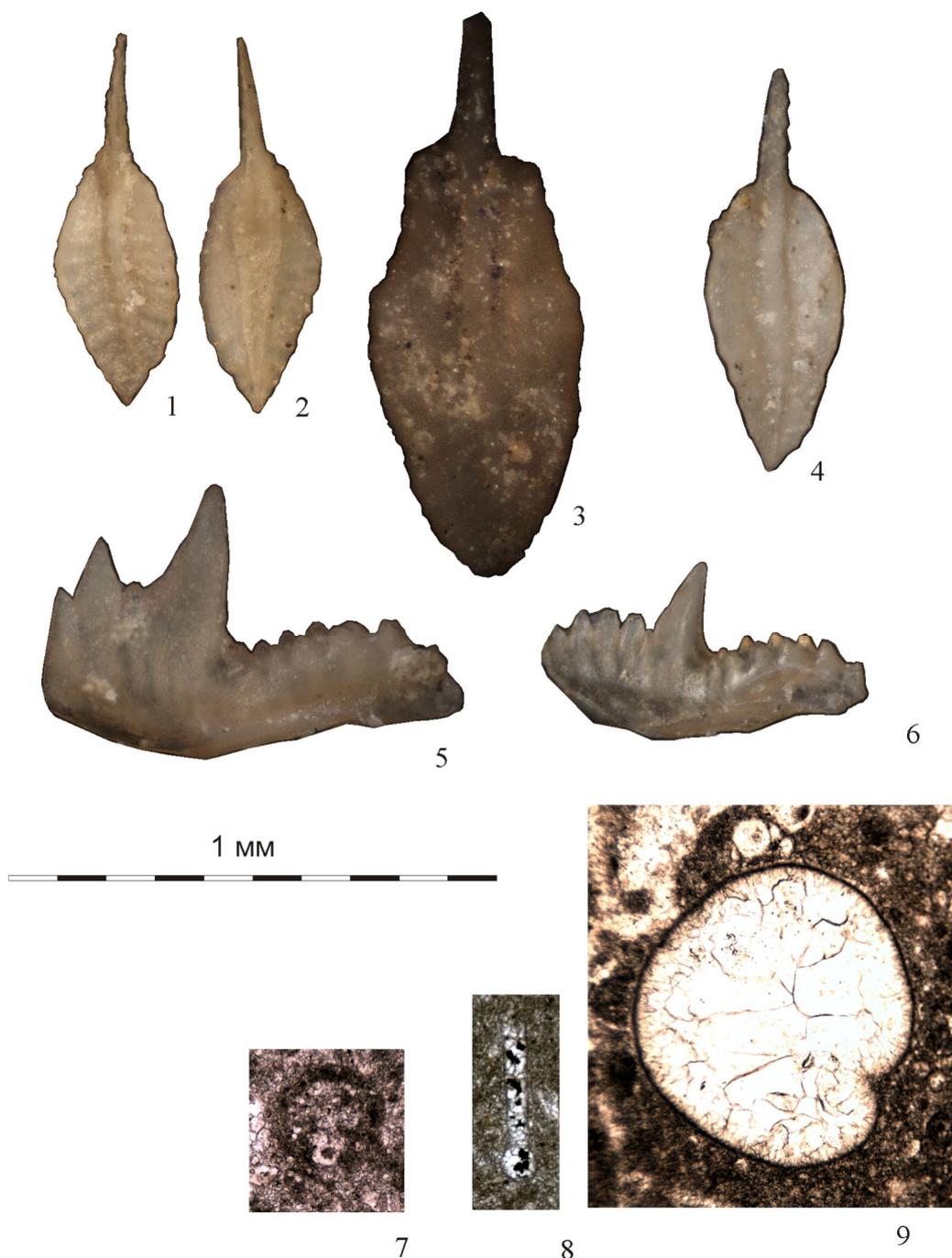
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
|-------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 121-26/96 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 121a-15/10 | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 121-28/96 | | 1 | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 121-31/96 | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 121-1-13/90 | | 1 | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 121-33/96 | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 121-2-2/90 | | | | | | | | 2 | 3 | 7 | 1 | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | |
| 121-38/96 | 1 | 4 | | | | | | | 5 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 1 | 2 | |
| 121-2-3/90 | | | 1 | | | | | 1 | | 5 | | | | | 4 | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 121-41-1/96 | | | | | | | | | 1 | 3 | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 121-2-4/90 | | | | | | | | | 1 | 4 | | | | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | |
| 121-42/96 | | | | | | 2 | | | | 1 | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 121-43/96 | | | | | | | 1 | | 3 | 1 | | 1 | | | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 121-2-5/90 | | | | | | | | | | 2 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 121-51/96 | | | | | | | | | 2 | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 121a-56ПМ | | | | | | | | | | 4 | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | |

Распределение фораминифер в разрезе на р. Каменка

| Образец | <i>Archaesphaera minima</i> Sul. | <i>Archaesphaera</i> sp. | <i>Earlandia minima</i> (Birina) | <i>Earlandia elegans</i> | <i>Earlandia</i> sp. | <i>Bisphaera</i> sp. | <i>Eotuberitina</i> sp. | <i>Bisphaera malevkensis</i> Birina | <i>Tourayellina</i> sp. | <i>Tourayellina pseudobeata</i> | <i>T. (Eotourayellina) primitiva</i> Lipina | <i>Tourayellina aff. beata</i> | <i>Bisphaera irregularis</i> | <i>Bisphaera grandis</i> | <i>Bisphaera elegans</i> | <i>Parathuramminites cushmani</i> (Sul.) | <i>Endothyroidea</i> | <i>Parathuramina suleimanovi</i> | <i>P. tuberculata</i> | <i>Parathuramina</i> sp. |
|------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------------|----------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 121-0-1/96 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 121-0-2/96 | 1 | | 1 | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 121-3/96 | 1 | | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | |
| 121-4/96 | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 121-6/96 | | | | | | 1 | | | | | | | 1 | | | | | | | |
| 121-9/96 | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | |
| 121-10/96 | | 1 | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 121-12/96 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 121-13/96 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 121-14/96 | | 1 | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 121a-25ПМ | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| 121-17/96 | | 1 | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 121-21/96 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 121-22/96 | | 1 | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 121-24/96 | | 1 | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 121-25/96 | | 1 | | | | 1 | | 1 | 1 | | | | 1 | | | | | | | 1 |
| 121-27/96 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 121-28/96 | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 121-30/96 | | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | 1 |
| 121-32/96 | | 1 | | | 1 | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | |
| 121-33/96 | | 1 | | | | 1 | | | | | | | 1 | | | | | | | |
| 121-34/96 | | 1 | | | | 1 | | | | | | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | |
| 121-36/96 | | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | | | | | | | |
| 121-37/96 | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 121-42/96 | | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 121-45/96 | | 1 | | | | 1 | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | |
| 121-48/96 | | 1 | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 121-49/96 | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 121-52/96 | | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 121-53/96 | | 1 | 1 | | 1 | | | | | | | | 1 | | | | | | | |

Фототаблица

Фиг. 1, 2. *Siphonodella sulcata* (Huddle), x70, обр. 121a-5/10. Фиг. 3. *Siphonodella quasinuda* Gagiev, Kononova et Pazuhin, x70, обр. 121a-3/10. Фиг. 4. *Siphonodella bella* Kononova et Migdisova, x 70, обр. 121a-5/10. Фиг. 5. *Patrognathus crassus* Kononova et Migdisova, x70, обр. 121-26/96. Фиг. 6. *Patrognathus variabilis* Klapper, x70, обр. 121-28-1/96. Фиг. 7. *Tournayellina beata pseudobeata* Reitlinger et Kulagina, 1987; x 70, экз. 30-F/14, обр. 121-4. Фиг. 8. *Bisphaera malevkensis* Birina, 1948; x 70, экз. 30-F/37, обр. 121-4. Фиг. 9. *Earlandia minima* (Birina), 1948; x 70, экз. 30-F/1, обр. 121-0-2.



Слой 1. Известняк глинистый, светло-серый, вакстоун, в верхней части пак-вакстоун, комковато-волнистослойчатый, с глинистыми примазками серого цвета, подчеркивающими текстуру. Характерна плитчатость с волнистыми и бугристыми поверхностями. Органогенный детрит представлен остатками известковых водорослей, остракод, криноидей, фораминифер, двустворок, брахиопод и одиночных ругоз. В верхней части слоя отмечены неотчетливые вертикальные следы биотурбирования. Кровля волнистая. Видимая мощность 0,7 м.

Слой 2. Известняк светло-серый, слабо глинистый, пак-грейнстоун биолитокластический, в верхней части переходящий в вак-пакстоун, массивный, с редкими (через 10-15 см) глинистыми примазками серого цвета, отмечающими бугристые поверхности. Органогенный детрит представлен остатками остракод и криноидей, в верхней части слоя отмечены одиночные ругозы *Amplexizaphrentis*. Присутствуют литокласты известняка до 1 мм. В нижней части слоя - многочисленные субгоризонтальные следы биотурбирования. Кровля бугристая. Мощность 0,4 м.

Слой 3. Известняк светло-серый, слабо глинистый, в нижней и верхней части вак-пакстоун, в средней части вакстоун, местами с рассеянным крупным детритом. Текстура массивная, около глинистых примазок переходящая в пологоволнистую. Глинистые примазки разделяют плитки мощностью 10-15 см. Отмечается неотчетливое лепешковидное окремнение. Из органических остатков отмечены одиночные ругозы в близком к прижизненному положению. Видимая мощность 0,8 м.

Не обнажено (закрыто оползнем) 0,5 м по мощности.

Слой 4. Известняк светло-серый, коричневатый, преимущественно вакстоун, в верхней части до пак-вакстоуна, массивный; прослоями (первые миллиметры по мощности) глинистый, пологоволнистослойчатый. Органогенный детрит представлен остатками криноидей и остракод, в верхней части слоя образующих гнездовидные скопления. Наблюдаются пятна слабой доломитизации, а также кремнистые стяжения линзовидной формы, серого до темно-серого цвета. Кровля пологоволнистая, подчеркнута глинистой примазкой. Видимая мощность 0,9 м.

Слой 5. Известняк светло-серый, пак-вакстоун литобиокластический, с рассеянным тонким детритом и ветвистыми известковыми водорослями. Текстура массивная, местами плохо проявленная субпараллельная. Кровля отчетливая, волнисто-бугристая. Мощность 0,3 м.

Слой 6. Неравномерное чередование известняка светло-серого, вак-пакстоуна, с массивной до субпараллельной текстурой, единичными остатками одиночных ругоз и известковых водорослей (5-15 см); и глины известковой, темно-серой, субпараллельнослойчатой (2-3 см). Границы чередования отчетливые, волнисто-бугристые. Кровля волнистая. В средней части слоя в известняковых прослоях наблюдаются субгоризонтальные следы биотурбирования. Мощность 1,2 м.

Слой 7. Известняк светло-серый, вак-пакстоун, в средней части грейнстоун литобиокластический, массивный, с глинистыми примазками (сокращаются вверх по слою), намечающими пологоволнистую слойчатость. Органогенный детрит представлен остатками остракод, криноидей и известковых водорослей. Органические остатки представлены раковинами гастропод и брахиопод (*Athyris*, *Chonetes*, *Rugosochonetes*), последние в нижней части слоя - в близком к прижизненному положении. В нижней части слоя отмечены кремнистые стяжения серого цвета, в средней - субгоризонтальные следы биотурбирования. Кровля ровная, до пологоволнистой. Мощность 2,4 м.

Слой 8. Известняк светло-серый, вак-пакстоун, с глинистыми примазками, намечающими пологоволнистую слойчатость. Органические остатки (брахиоподы, криноидеи и остракоды) распределены гнездовидно. Кровля отчетливая, волнистая. Мощность 1,0 м. Из брахиопод в верхней части слоя определены *Chonetes*, *Athyris*, *Brachytiris*.

Слой 9. Известняк глинистый светло-серый, коричневатый, доломитистый до доломитового, в нижней части преимущественно вакстоун, в верхней - пакстоун, массивный, местами пологоволнистослойчатый. Наблюдаются редкие глинистые примазки и горизонты темно-серых кремнистых стяжений. Из органических остатков отмечены раковины брахиопод (в нижней части слоя определены *Ovatia*), массивные колонии ругоз в близком к прижизненному положению (в нижней части слоя). Встречаются раковины гастропод. Подошва маркируется более глинистым прослоем мощностью 5-7 см. Видимая мощность 7,0 м.

Условия осадконакопления и трансгрессивно-регрессивные циклиты

На основе анализа первичных структурно-текстурных характеристик отложений и распределения органических остатков в рассматриваемом разрезе выделено шесть литотипов, приуроченных к трем фациальным зонам [Irwin, 1965; Шишлов, 2010] (рис. 2, 3):

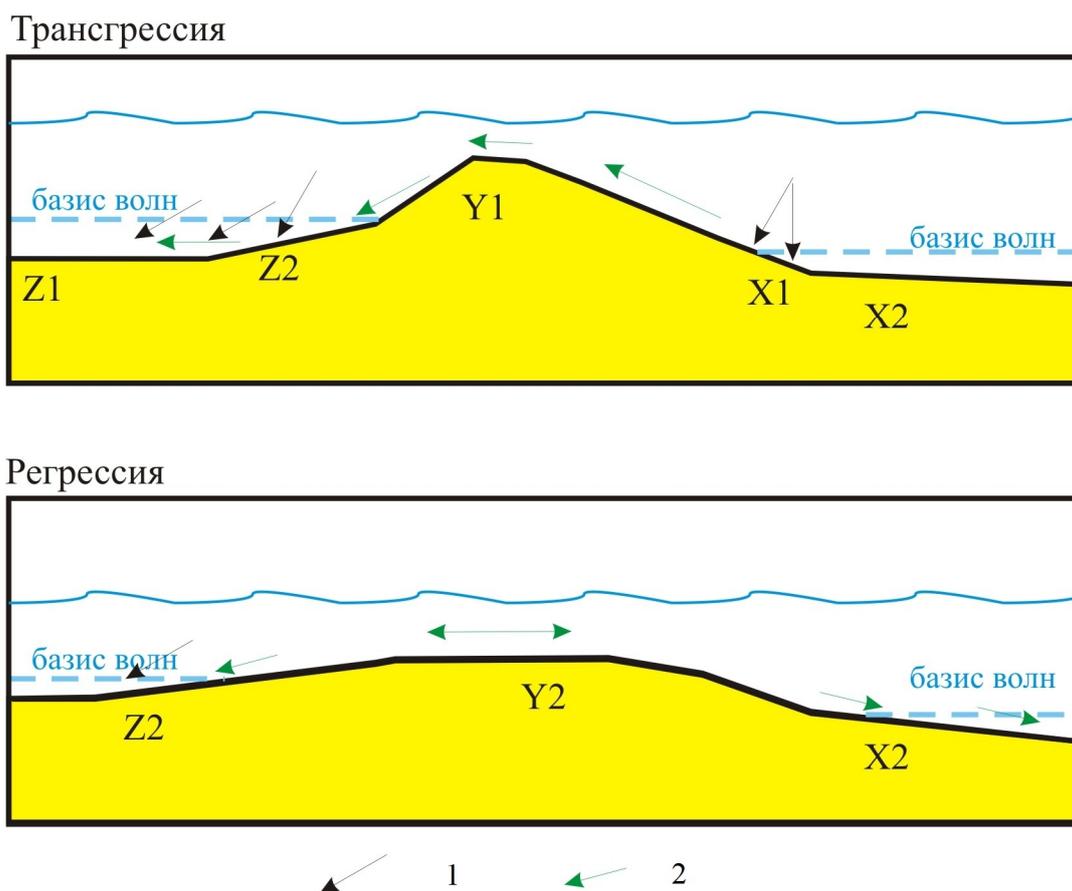


Рис. 3. Предполагаемое распределение литотипов и тафономических процессов на модельных фациальных профилях, основанных на профиле Ирвина (1965)
 1 - посмертное перемещение конодонтовых элементов; 2 - перемещение карбонатного материала.

Закрытая прибрежная зона (Z)

Z1 - Известняки глинистые, вакстоуны, с комковато-волнистой текстурой, глинистыми примазками и маломощными прослоями. Рассеянный органогенный детрит представлен остатками известковых водорослей, остракод, криноидей, фораминифер, двустворок, мелких брахиопод и единичных одиночных ругоз. Образование отложений, вероятно, происходило в условиях тиховодного мелководья с интенсивным поступлением глинистого материала.

Z2 – Неравномерное чередование известняков глинистых, пак-вакстоунов, с массивной текстурой и глин известковых, субпараллельнослойчатых. Известняки преобладают. Границы чередования резкие, волнисто-бугристые. Характерны следы биотурбирования, единичные остатки одиночных ругоз и известковых водорослей, раковины гастропод и брахиопод, последние - в близком к прижизненному положению. Формирование отложений происходило, вероятно, в условиях, аналогичных литотипу Z1, но с несколько более высокой динамикой придонных вод, обусловленной воздействием волн на дно. Для данного литотипа в разрезе на р. Каменка были определены палеотемпературы придонных вод на основе

соотношения Ca/Mg в биогенных карбонатах одиночных ругоз и брахиопод [Журавлев, 2002, с. 32, рис. 11]. По этим данным температуры варьировали от +18° С до +25° С.

Зона подводных валов (Y)

Y1 – Известняки пак-грейнстоуны биолитокластические или литобиокластические, массивные до пологоволнистослойчатых. Характерны субгоризонтальные следы биотурбирования, рассеянные остатки одиночных ругоз, известковых водорослей, остракод и криноидей. Предполагается образование в условиях относительного мелководья с высокой динамикой придонных вод и прерывистым осадконакоплением.

Y2 – Известняки пак-вакстоуны литобиокластические, с массивной до плохо проявленной субпараллельной текстурой. Характерны гнездовидные скопления органогенного детрита (остатки криноидей, остракод и известковых водорослей). Образование отложений, вероятно, происходило в относительно активноводных мелководных условиях.

Открытая удаленная от берега зона (X)

X1 – Известняки слабо глинистые, вак-пакстоуны, с пологоволнистой текстурой. Характерны одиночные ругозы в близком к прижизненному положении и гнездовидное распределение органических остатков. Предполагается, что накопление отложений происходило в условиях относительно глубоководной и удаленной от берега зоны с пониженной придонной гидродинамикой.

X2 – Известняки вакстоуны, массивные до полого волнистослойчатых. Характерны кремнистые стяжения и колонии ругоз в близком к прижизненному положению. Условия формирования отложений близки к таковым для литотипа X1, но отличаются более низкой динамикой придонных вод, и, вероятно, большей глубиной.

Повторяющиеся в разрезе вертикальные последовательности литотипов Z2-Y1-X1-X2 интерпретируются как трансгрессивные, а последовательность X2-Y2-Z2 – как регрессивная. Распределение этих последовательностей позволяет выделить элементарные трансгрессивно-регрессивные циклиты - циклотемы:

Первая циклотема охватывает интервал с первого по шестой слой (рис. 2). Ее трансгрессивная часть представлена последовательностью литотипов Z1-Z2-Y1-X1-X2, а регрессивная – последовательностью X2-Y2-Z2. Максимум трансгрессии отвечает слою 3, а максимум регрессии приходится на слой 6.

Вторая (неполная) циклотема соответствует интервалу с седьмого по девятый слой (рис. 2) и представлена трансгрессивной частью (последовательность литотипов Z2-Y1-X1-

X2) и неполной регрессивной (последовательность литотипов X2-Y2 в слое 9). Максимум трансгрессии, вероятно, отвечает нижней части слоя 9.

Первая циклотема может быть сопоставлена с гумеровско-малевской, а вторая – с нижнеупинской циклотемами нижнего карбона Московской синеклизы [Еременко и др., 2008]. При этом граница девонской и каменноугольной систем примерно соответствует подошве первой циклотемы.

Палеомагнитные данные

В разрезе р. Каменки были изучены магнитные свойства 75 образцов, характеризующих весь рассматриваемый интервал. Все образцы имеют крайне низкие значения магнитной восприимчивости (K), в некоторых случаях – отрицательные значения (в среднем $-3,5$ ед. СИ). Это, по-видимому, связано с высоким содержанием в породах карбонатов, которые являются диамагнитным материалом. Величина естественной остаточной намагниченности (J_n) в образцах также очень низкая, практически на уровне внутреннего шума магнитометра JR-4 и JR-5 и/или шума держателя (менее $0,0001$ А/м). Это, в свою очередь приводит к огромным разбросам направлений измеренной намагниченности – фактически, к равномерному распределению на сфере. В связи с этим получить надежные, хоть как-то обоснованные, палеомагнитные данные для разреза, к сожалению, не представляется возможным.

При этом представляют интерес полученные по разрезу величины магнитной восприимчивости (рис. 4). Прослеживается связь величины магнитной восприимчивости (K) с литотипами: минимальный разброс и максимальные значения характерны для литотипа Z1; минимальные значения K отмечаются в литотипе X1; в остальных литотипах значения близки к среднему по разрезу. Более того, сравнение графика изменения K по разрезу с реконструированной кривой колебаний уровня моря показывает устойчивую корреляцию понижения K в отложениях, отвечающих максимумам трансгрессий, и повышения K в отложениях, соответствующих регрессиям (рис. 4). В преимущественно карбонатном разрезе такая корреляция может быть объяснена зависимостью магнитной восприимчивости от содержания терригенной примеси, которое выше в литотипах близкой к берегу зоны Z и повышается на регрессивных этапах развития бассейна. Выявленная закономерность может быть использована в качестве дополнительного признака для выделения трансгрессивно-регрессивных последовательностей в карбонатных разрезах.

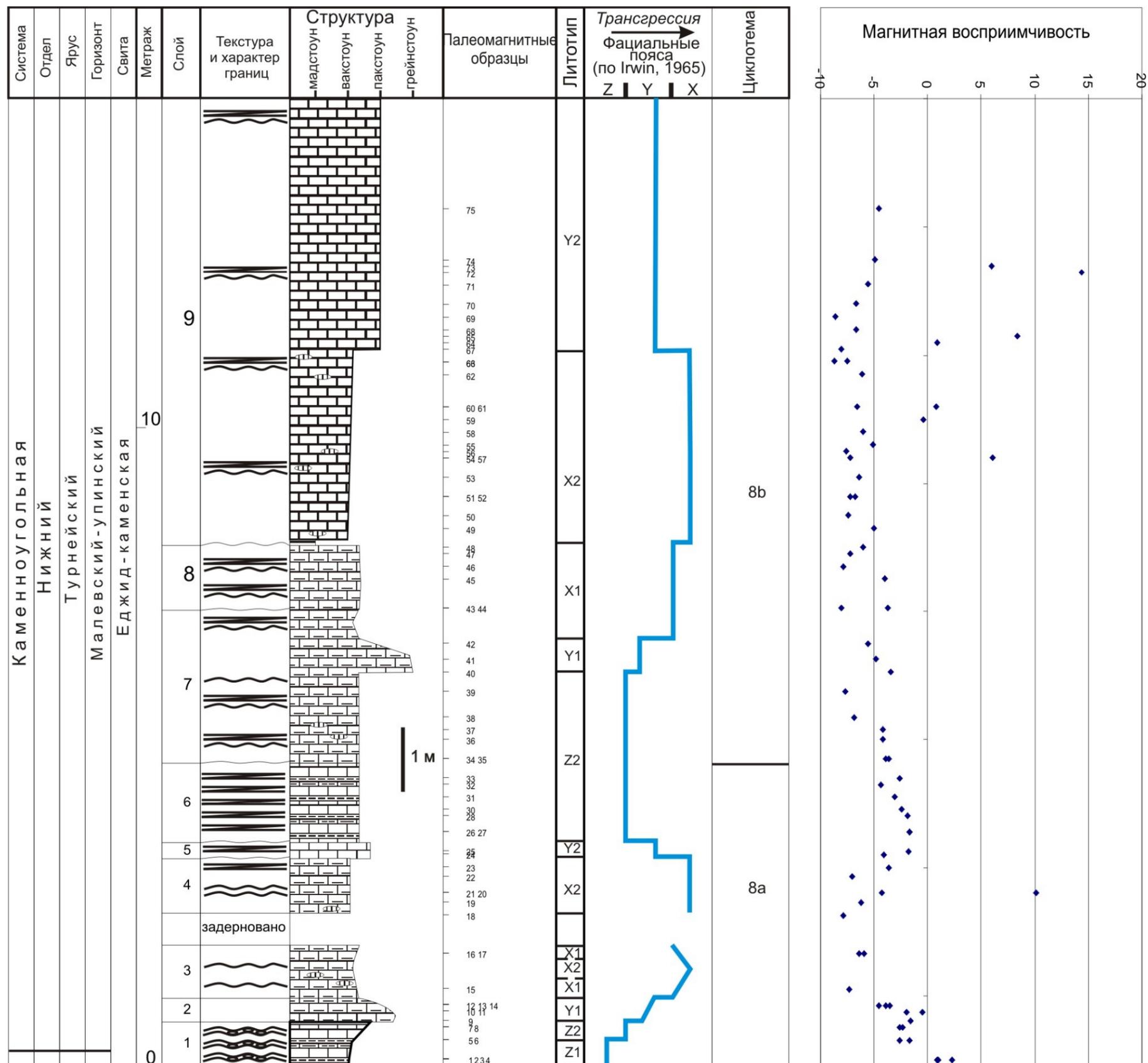


Рис. 4. Фациальная интерпретация и палеомагнитные данные по разрезу на р. Каменка

Биостратиграфия Конодонты

Представительные конодонтовые комплексы (более 20 конодонтовых элементов на образец) были получены из литотипов X1, Z1 и Z2.

Тафономический анализ [Журавлев, 2010] показывает, что наиболее автохтонные конодонтовые комплексы характерны для наименее активноводных литотипов X1 и, в меньшей степени, Z2. Сильнее всего подверглись перемещению и сортировке конодонтовые элементы в литотипах Y1, Z2 и Z1 (рис. 5). При этом, в литотипах Z2 и Y1 весьма вероятно нахождение конодонтовых элементов, перемещенных волновым воздействием из более мористой зоны (рис. 3).

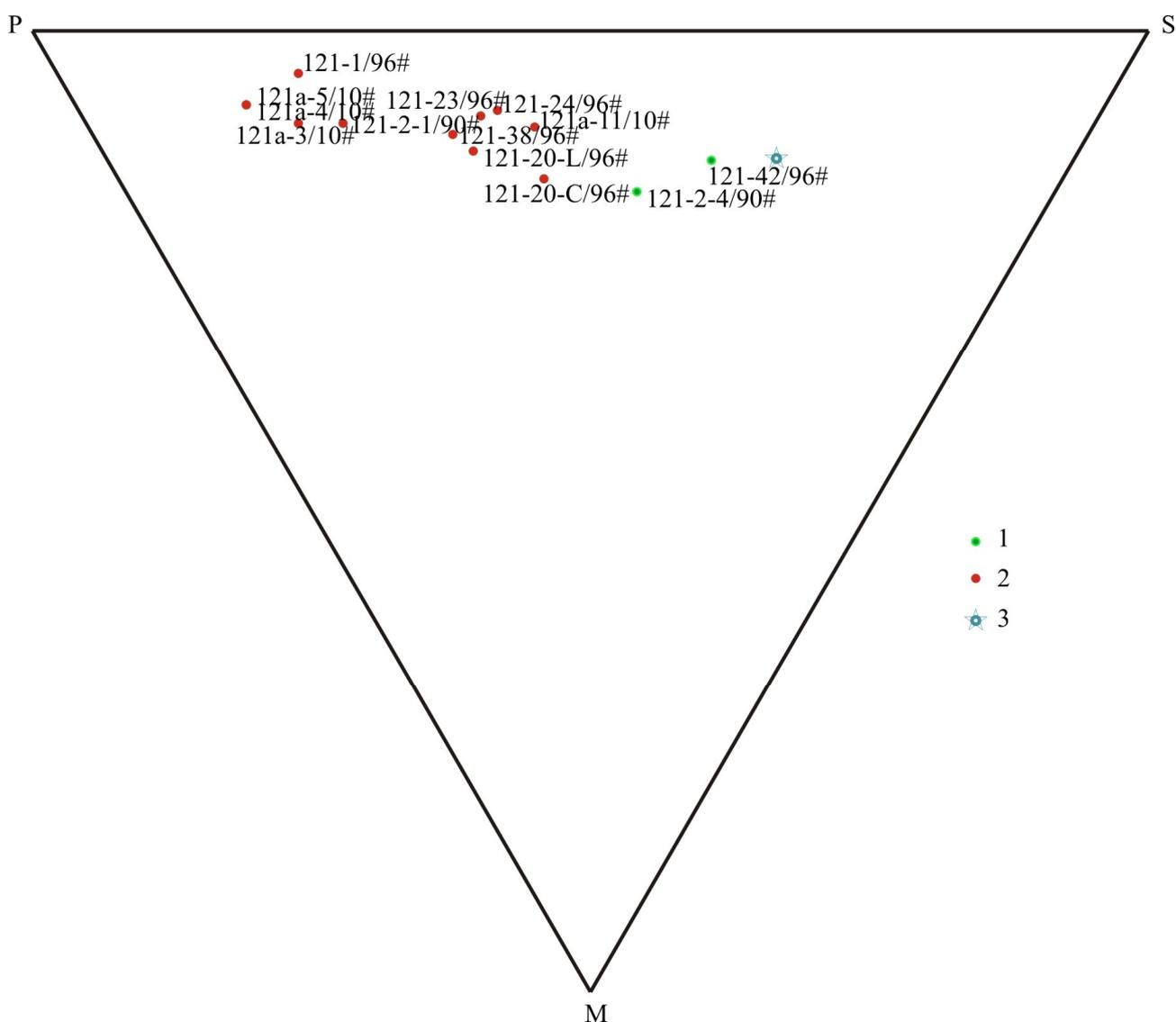


Рис. 5. Тафономическая характеристика конодонтовых комплексов из пограничных отложений девона и карбона на р. Каменка

1 – комплексы со слабой посмертной сортировкой конодонтовых элементов; 2 – комплексы с существенной сортировкой конодонтовых элементов; 3 – соотношение элементов в конодонтовом аппарате.

Рассматриваемый разрез интересен совместными находками «мелководных» (представители *Patrognathus* и слабо скульптурированных *Siphonodella*) и некоторых «глубоководных» конодонтов, что позволяет сопоставить разрез как со «стандартными», так и с «мелководными» конодонтовыми зонами.

Первые *Siphonodella sulcata* (Huddle) установлены в верхней части слоя 1. Первая находка *Patrognathus crassus* Kononova et Migdisova, который рассматривается как маркер границы в мелководных фациях [Барсков и др., 1984], отмечена несколько ниже, в средней части слоя 1. Еще ниже, в нижней половине слоя, найдены конодонты *Siphonodella bella* Kononova et Migdisova и *Siphonodella quasimoda* Gagiev, Kononova et Pazuhin, которые обычно рассматриваются как раннекаменноугольные [Фауна и биостратиграфия..., 1987]. При этом первые находки представителей видов-маркеров границы (*Siphonodella sulcata* (Huddle), *Patrognathus crassus* Kononova et Migdisova) приурочены к отложениям фациального пояса Z на трансгрессивной фазе развития бассейна. «Мелководные» *Siphonodella* и *Patrognathus* появляются в литотипе Z1, а относительно «глубоководные» *Siphonodella* (*S. sulcata*) – в более мористом литотипе Z2. Вероятность экологического и тафономического контроля уровней первых находок в этом случае существенная.

Анализ распределения находок конодонтов по литотипам показал слабую связь уровней находок *Siphonodella bella* Kononova et Migdisova и *Siphonodella praesulcata* Sandberg с литологическими характеристиками. Представители этих таксонов обнаружены в широком диапазоне литотипов. Находки же представителей *Patrognathus* и *Siphonodella sulcata* (Huddle) приурочены преимущественно к литотипу Z2. Исходя из этого, можно предположить фациальный контроль уровней первого появления *Patrognathus crassus* Kononova et Migdisova и *Siphonodella sulcata* (Huddle) в данном разрезе. Поэтому более надежным биостратиграфическим репером может считаться уровень первого появления *Siphonodella bella* Kononova et Migdisova (образец 121a-2/10), по которому, несмотря на неблагоприятные тафономические характеристики соответствующего комплекса, и проводится граница турнейского яруса.

Фораминиферы

Распределение находок фораминифер по разрезу позволило установить фациальную приуроченность некоторых таксонов. Так, представители рода *Tourmayellina* найдены почти исключительно в литотипах Y1 и Y2 [Вевель, 2009]. Представители рода *Paraturrammina* демонстрируют устойчивую приуроченность к литотипам Z2 и Y1. Остальные обнаруженные в разрезе таксоны фораминифер (роды *Bisphaera*, *Earlandia*) демонстрируют

слабую связь с фациями. При этом наиболее таксономически разнообразны фораминиферы в литотипах Y1, Y2 и Z2.

Из найденных в разрезе фораминифер, только представители *Tournayellina* представляют интерес для биостратиграфии. Появление *Tournaellina (Eotournaellina) pseudobeata* Reitliner et Kulagina рассматривается как возможный маркер границы девонской и каменноугольной систем [Гибшман, Кулагина, 2005]. В разрезе на р. Каменка первые представители этого подвида найдены в средней части слоя 2. Однако, из-за отчетливой фациальной приуроченности данного таксона, он не может использоваться для точных биостратиграфических построений [Вевель, 2009].

Выводы

В мелководных фациях прослеживание границы девонской и каменноугольной систем возможно как биостратиграфическим, так и циклостратиграфическим (геоисторическим) методом. При этом достоверность биостратиграфических построений невысокая из-за существенного влияния фациальных изменений на состав и сохранность комплексов фоссилий. Наиболее существенно это влияние сказывается на распределении остатков бентосных организмов [Вевель, 2009]. Остатки нектонно-планктонных организмов, таких как конодонты, обеспечивают в данном случае более надежную корреляцию, однако уровни появления отдельных таксонов также фациально (экологически и тафономически) обусловлены. Кроме того, межрегиональные корреляции, основанные на «мелководных» конодонтах, скорее всего, обладают невысокой точностью из-за влияния палеобиогеографических факторов [Zhuravlev, 2007].

Представляется, что геоисторические данные (максимум регрессии), при наличии биостратиграфического контроля (уровень появления конодонтов *Siphonodella sulcata*, *Siphonodella bella*, *Patrognathus crassus* и фораминифер *Tournaellina (Eotournaellina) pseudobeata*), обеспечивают наиболее надежное и точное прослеживание границы девонской и каменноугольной систем в мелководных фациях. При этом биостратиграфическая граница располагается несколько выше максимума регрессии (в разрезе на р. Каменка – на 0,3 м). Геоисторические данные обеспечивают глобальное прослеживание границы, так как максимум регрессии на границе девона и карбона связан с гляциоэвстатикой, а биостратиграфические (по «мелководным» конодонтам и фораминиферам) – в пределах востока ТПП и запада Предуральяского прогиба.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Е.В. Сокиран (ФГУП «ВНИГРИ») за определения брахиопод, О.Л. Коссовой (ВСЕГЕИ) за определение кораллов, Н.М. Еременко, А.Г. Иосифиди и К.Г. Павловой (ФГУП «ВНИГРИ») – за помощь при изучении разреза.

Литература

Барсков И.С., Кононова Л.И., Мигдисова А.В. Конодонты нижнетурнейских отложений подмосковного бассейна // Палеонтологическая характеристика стратотипических и опорных разрезов карбона Московской синеклизы. Под ред. В.В. Меннера. - М.: Изд. МГУ, 1984. - С. 3-33.

Вевель Я.А. Находка фораминифер *Tournaellina beata pseudobeata* Reitlinger et Kulagina в нижнем карбоне Печорской гряды // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2009. – Т.4. - №2. - http://www.ngtp.ru/rub/2/17_2009.pdf

Еременко Н.М., Вевель Я.А., Журавлев А.В. Интерфациальная корреляция морских раннетурнейских отложений севера Урала и востока Тимано-Печорской плиты – литостратиграфический подход // Литологические и геохимические основы прогноза нефтегазоносности. - Сборник материалов Международной научно-практической конференции. - СПб: ВНИГРИ, 2008. - С. 600-605.

Журавлев А.В. Конодонтовая зональность нижнего карбона для мелководных отложений // Зональные подразделения карбона общей стратиграфической шкалы России. - Материалы Всероссийского совещания 29-31 мая 2000 г. - Уфа: Гилем, 2000. - С. 42-43.

Журавлев А.В. Гистология и микроскульптура позднепалеозойских конодонтовых элементов. - СПб: Геосервис Плюс, 2002. - 94 с.

Журавлев А.В. Конодонты верхнего девона – нижнего карбона северо-востока Европейской России. – СПб.: изд-во ВСЕГЕИ, 2003. - 85 с.

Кулагина Е.И., Гибиман Н.Б. Общая зональная шкала нижнего карбона России по фораминиферам // Бюлл. МОИП. Отд. геол., 2005. - Т.80. - Вып.2. - С. 60-67.

Соболев Д.Б. Остракоды и биостратиграфия турнейского яруса севера Урала. - Екатеринбург: УрО РАН, 2005. - 113 с.

Фауна и биостратиграфия пограничных отложений девона и карбона Берчогура (Мугоджары). - М.: Наука, 1987. - 121 с.

Шишлов С.Б. Структурно-генетический анализ осадочных формаций. – СПб.: СПбГГИ, 2010. - 276 с.

Irwin M.L. General theory of epeiric clear water sedimentation // Bull.Amer. Assoc. Petrol. Geol. 49, 1965. - P. 445-459.

Zhuravlev A. Biogeography of the Early Carboniferous conodont genus *Patrognathus* / In: Wong, Th. E. (Ed.): Proceedings of the XVth International Congress on Carboniferous and Permian Stratigraphy. Utrecht, the Netherlands, 10–16 August 2003. Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 2007. - P. 325-329.

Zhuravlev A.V., Kossovaya O.L., Sobolev D.B., Vevel Y.A. Early Tournasian (Early Carboniferous) Shallow water Communities (Eastern part of the Timan-Pechora Province) // Ichthyolith Issues special Publication 4, 1998. - P. 60-62.

Zhuravlev A.V., Kossovaya O.L., Sobolev D.B., Vevel Y.A. Biostratigraphy of the Lower Tournasian (Lower Carboniferous) shallow-water deposits of the Eastern Part of the Timan-Pechora Province // Newsletter on Carboniferous Stratigraphy, 1999. - №17. - P. 22-26.

Vevel' Ya.A., Zhuravlev A.V., Popov V.V.

All-Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI), Saint Petersburg, Russia, yadviga_vevel@mail.ru, micropalaeontology@gmail.com, ins@vnigri.ru

**DEPOSITS OF THE DEVONIAN AND CARBONIFEROUS BOUNDARY
IN THE KAMENKA RIVER SECTION
(PECHORA-KOZHVINSKY MEGASWELL, TIMAN-PECHORA PROVINCE)**

The article deals with the Devonian/Carboniferous boundary in the shallow-water sequence (the Kamenka River section as example) on the basis of cyclostratigraphy (maximum of regression) controlled by biostratigraphical data (conodonts and foraminifers). Facial control on the foraminifer and conodont associations is considered. Dependence of the magnetic successibility of the rocks on the sea-level changes is detected. The dependence is probably caused by variations of the terrigenous content in the carbonate rocks.

Key words: Devonian/Carboniferous boundary, Timan-Pechora Province, conodonts, foraminifers, cyclostratigraphy, biostratigraphy, palaeomagnetology.

References

Barskov I.S., Kononova L.I., Migdisova A.V. *Konodony nizhneturneyskikh otlozheniy podmoskovnogo basseyna* [Conodonts of the Lower Tournaisian deposits of the Pre-Moscow Basin]. Paleontologicheskaya kharakteristika stratotipicheskikh i opornykh razrezov karbona Moskovskoy sineklizy. Editor V.V. Menner. Moscow: Moscow State University, 1984, pp. 3-33.

Eremenko N.M., Vevel' Ya.A., Zhuravlev A.V. *Interfatsial'naya korrelyatsiya morskikh ranneturneyskikh otlozheniy severa Urala i vostoka Timano-Pechorskoy plity – litostratigraficheskiy podkhod* [Inter-facial correlation of the Lower Tournaisian marine deposits, northern Urals and eastern Timan-Pechora plate - lithostratigraphic approach]. Proceedings of the International Scientific Conference “*Litologicheskie i geokhimicheskie osnovy prognoza neftegazonosnosti*” [Lithological and geochemical basis of oil and gas potential forecast]. Saint Petersburg: VNIGRI, 2008, pp. 600-605.

Fauna i biostratigrafiya pogranychnykh otlozheniy devona i karbona Berchogura (Mugodzhary) [Fauna and biostratigraphy of the Devonian and Carboniferous deposits, Berchogur (Mugodzhary)]. Moscow: Nauka, 1987, 121 p.

Irwin M.L. General theory of epeiric clear water sedimentation. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol. 49, 1965, pp. 445-459.

Kulagina E.I., Gibshman N.B. *Obshchaya zonal'naya shkala nizhnego karbona Rossii po foraminiferam* [Total zonal scale of the Lower Carboniferous of Russia in view of foraminifera]. Byulleten' MOIP. Otdelenie geologicheskoe, 2005, vol. 80, no. 2, pp. 60-67.

Shishlov S.B. *Strukturno-geneticheskiy analiz osadochnykh formatsiy* [Structural and genetic analysis of sedimentary formations]. Saint Petersburg: Saint Petersburg State Mining University, 2010, 276 p.

Sobolev D.B. *Ostrakody i biostratigrafiya turneyskogo yarusa severa Urala* [Ostracoda and biostratigraphy of the Tournaisian stage, north of the Urals]. Ekaterinburg: UrO RAN, 2005, 113 p.

Vevel' Ya.A. *Nakhodka foraminifer Tournayellina beata pseudobeata Reitlinger et Kulagina v nizhnem karbone Pechorskoy gryady* [Discovery of foraminifera *Tournayellina beata pseudobeata Reitlinger et Kulagina* in the Lower Carboniferous Pechora ridge]. Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika, 2009, vol. 4, no. 2, available at: http://www.ngtp.ru/rub/2/17_2009.pdf

Zhuravlev A. Biogeography of the Early Carboniferous conodont genus *Patrognathus*. In: Wong, Th. E. (Ed.): Proceedings of the XVth International Congress on Carboniferous and Permian

Stratigraphy. Utrecht, the Netherlands, 10–16 August 2003. Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 2007, pp. 325-329.

Zhuravlev A.V. *Gistologiya i mikroskul'ptura pozdnepaleozoyskikh konodontovykh elementov* [Histology and microsculpture the Late Paleozoic conodont elements]. Saint Petersburg: Geoservis Plyus, 2002, 94 p.

Zhuravlev A.V. *Konodontovaya zonal'nost' nizhnego karbona dlya melkovodnykh otlozheniy* [Conodont zonation of the Lower Carboniferous for shallow-water deposits]. Proceedings of the All-Russia meeting “*Zonal'nye podrazdeleniya karbona obshchey stratigraficheskoy shkaly Rossii*” [Zonal subdivision of the Carboniferous common stratigraphic scale of Russia]. Ufa: Gilem, 2000, pp. 42-43.

Zhuravlev A.V. *Konodonty verkhnego devona – nizhnego karbona severo-vostoka Evropeyskoy Rossii* [Conodonts of the Upper Devonian - Lower Carboniferous north-east of European Russia]. Saint Petersburg: VSEGEI, 2003, 85 p.

Zhuravlev A.V., Kossovaya O.L., Sobolev D.B., Vevel Y.A. Biostratigraphy of the Lower Tournaisian (Lower Carboniferous) shallow-water deposits of the Eastern Part of the Timan-Pechora Province. Newsletter on Carboniferous Stratigraphy, 1999, no. 17, pp. 22-26.

Zhuravlev A.V., Kossovaya O.L., Sobolev D.B., Vevel Y.A. Early Tournasian (Early Carboniferous) Shallow water Communities (Eastern part of the Timan-Pechora Province). Ichthyolith Issues special Publication 4, 1998, pp. 60-62.

© Вевель Я.А., Журавлев А.В., Попов В.В., 2012