

П. И. Егоров

ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ГРАНИЦЫ МЕЗОЗОЯ-КАЙНОЗОЯ В РАЗРЕЗАХ ГУББИО (ИТАЛИЯ) И СУМАЙЯ (ИСПАНИЯ)

В работе на примере анализа геологических обнажений Губбио (Италия) и Сумайя (Испания) рассмотрены особенности ближайшего по времени из входящих в «Большую пятёрку» вымираний [16], второго по масштабам экологического кризиса фанерозоя. Данные, полученные в результате геохимических исследований образцов, отобранных на геологических перечисленных разрезах, вносят дополнительную ясность в характер процессов, происходивших на данной территории в маастрихт-датское время. Используемые в работе геохимические модули позволяют дать оценку наиболее важным природным факторам того временного интервала и охарактеризовать их влияние на вымирание морских экосистем.

Ключевые слова: палеоэкология, мезозой-кайнозойская граница, Сумайя, Губбио, геохимические модули.

P. Egorov

PALEOECOLOGICAL RECONSTRUCTIONS OF K-T BOUNDARY OF THE OUTCROPS GUBBIO (ITALY) AND SUMAYA (SPAIN)

Geological outcrops Gubbio (Italy) and Zumaia (Spain) are regarded. This outcrops show have the features of the closest in time of ecological crisis of Phanerozoic, among «Big five» extinction which is the second largest in the history of the Earth. The data obtained from geochemical studies of samples taken at these geological sections clarify the nature of the processes occurring in the territory of Maastricht/Danish time. Using geochemical modules permits to assess the most important natural factors and characterize their effect on the extinction of marine ecosystems.

Keywords: Cretaceous/Tertiary boundary, mass-extinction event, Gubbio, Zumaia, geochemical moduls.

С границей мела-палеогена связана одна из самых известных экологических катастроф прошлого. В общественном сознании это уникальное время ассоциируется с биосферным кризисом, вызвавшим вымирание динозавров и сопутствовавшей им как наземной, так и водной биоты мезозоя. Эти изменения открыли путь к развитию птиц и млекопитающих в кайнозое. Несмотря на огромное количество гипотез, объясняющих причины данного экологического кризиса («иридиевая» гипотеза Л. Альвареса [9], «химическая агрессия покрытосеменных» Т. Суэйна [15], усиление магматизма [3]), проблему нельзя считать окончательно решённой.

Целью работы является палеоэкологическая характеристика границы мезозой-кайнозоя (маастрихт — даний) на основании геохимического исследования обнажений Губбио в Центральной Италии и Сумайя в Северной Испании. Исключительность, уникальность рубежа маастрихт-даний состоит в том, что на протяжении геологически короткого интервала времени (74,5–63,6 млн л.) одновременно действовали различные геологические, биологические и климатические факторы, частично вступавшие во взаимодействие друг с другом, что породило противоположные процессы, происходившие в океане и на суше в различных областях нашей планеты. Многообразие взглядов на проблему мел-

палеогеновых событий породило огромное количество споров среди представителей разных направлений науки [2]. Лишь в немногих и далеко находящихся друг от друга районах стратиграфические разрезы сохранили запись всей или почти всей истории морских бассейнов на переходе от позднего маастрихта к датскому веку. Большая часть этих разрезов представлена глубоководными отложениями, которые содержат очень мало макрофоссилий (включения в состав осадочных пород останков крупных организмов). Детали стратиграфии, условий осадконакопления и биологической истории (главным образом, истории микроорганизмов) хорошо документированы только в нескольких районах — таких, как Губбио (Италия), Сумайя (Испания), Северо-Западная Европа (Голландия, Дания (Стивнс Клинт) и Южная Швеция, горный Крым), Тампико в Мексике, южная часть Гаити и окрестности Ресифе в Северо-Восточной Бразилии.

Существуют некоторые объективно установленные и признанные научным сообществом факты, связанные с данным временным рубежом. К границе мела и палеогена приурочено уникальное образование — пограничный глинистый горизонт (далее — ПГГ), описанный как в зарубежной, так и в отечественной литературе. Он представляет собой маломощный (от нескольких сантиметров до 10–15, редко — до 30–50 см) прослой глинистого состава и сложен либо чистой глиной, либо известковистой глиной или глинистым известняком. Макрофоссилии, как правило, в ПГГ отсутствуют. Их редкие находки известны в разрезах Стивнс Клинт [5, с. 195]. Микрофоссилиями (включениями микроорганизмов) горизонт также обеднен. Распространение ПГГ в морских отложениях прослежено глобально как на континентах, так и в океанах. Его аналоги установлены на всех материках. Непрерывный пограничный разрез глубоководных отложений в Сумайе (рис. 1), расположенный на северном побережье Испании, между Бильбао и Сан-Себастьяном, содержит большое количество точных данных о мезозой-кайнозойском вымирании.



Рис. 1. Геологическое обнажение Сумайя (Испания):
 А — Мергели маастрихтского (мезозойского) возраста; В — пограничный глинистый горизонт;
 С — мергели датского (кайнозойского) возраста

Персиваль и Фишер описали «исключительно полный осадочный разрез», внутри которого проходит граница мела и палеогена. Разрез включает 75 м позднемаастрихтских мергелей (зона *Abathotnprmalus mayaroensis*), которые согласно перекрыты «пограничными глинами» мощностью 25–35 см. Планктонные фораминиферы зоны *A. mayaroensis* и известковый нанопланктон проникают на 10 см вверх, в пограничные глины, и внезапно исчезают на границе мела и палеогена. Верхние 15–28 см пограничных глин относятся уже к планктонной зоне *Globigerina eugubina* нижнего дания [14].

Полная последовательность тропических глубоководных карбонатов заполняет маастрихт-датский интервал в Губбио (Умбрия, Центральная Италия) (ис. 2). Этот разрез был выбран в качестве стратотипа при разработке шкалы позднемеловых геомагнитных инверсий. Детально изучены его литостратиграфия, седиментология, биостратиграфия, а также эволюционная история планктонных известковых микроорганизмов [11; 12; 13]. Разрез состоит из позднемаастрихтских известняков, которые согласно перекрыты «пограничными глинами» (ПГГ) с самой большой мощностью в мире — 45–55 см. Обильные и разнообразные следы жизнедеятельности организмов в разрезе пограничных слоев мела и палеогена в Губбио также отмечаются Персивалем и Фишером [14].



Рис. 2. Геологическое обнажение Губбио (Италия): А — известняки маастрихтского (мезозойского) возраста; В — пограничный глинистый горизонт; С — известняки датского (кайнозойского) возраста

Для определения палеогеографических характеристик и построения палеоэкологических реконструкций маастрихт-датского времени, автором в мае 2009 г. и в июле 2010 г.

был проведен отбор полевого материала на геологических разрезах Губбио и Сумайя соответственно. В течение двух лет проводился лабораторный этап исследования, включавший в себя подготовку проб к геохимическому анализу, сам геохимический анализ и последующую интерпретацию полученных данных. Вся лабораторная работа выполнена на базе лаборатории «Геохимии окружающей среды им. А. Е. Ферсмана». Для геохимического исследования образцов использовался рентгенофлуоресцентный спектрометр «СПЕКТРОСКАН-МАКС GV» [4]. На основе полученных геохимических данных построены геохимические модули, которые являются достаточно объективной оценкой климатических и фациальных условий, отличаются значительной стабильностью; их сдвиг происходит лишь при резком изменении физико-химических условий осадконакопления. Среди многообразия модулей, существующих в настоящее время, были выбраны модули для осадочных пород, представленные в работе Е. В. Склярова (табл. 1.) [2].

Таблица 1

**Геохимические модули и индикаторы
для осадочных пород**

<i>Показатель</i>	<i>Значение</i>
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	Модуль зрелости осадков (длительности и характера процессов выветривания, преобладающих на территории)
Na ₂ O/K ₂ O	Модуль, характеризующий породу, содержащую Na в форме плагиоклаза, значительные количества слюд и калиевых полевых шпатов
TiO ₂ /Al ₂ O ₃	Модуль процессов, идущих с преобладанием механического и коллоидного переноса
K/Na	Индикатор скорости осадконакопления
Sr/Ca	Индикатор глубокководности отложений
Ba/Sr	Индикатор солёности бассейна
Zr/TiO ₂	Индикатор зрелости осадков

Таблица 2

**Показатели геохимических модулей и индикаторов
в разрезе Губбио, рассчитанные на основании данных
рентгено-флуоресцентного анализа**

<i>Губбио</i>	<i>Mt Известняк</i>	<i>Mt Известняк</i>	<i>ПГГ</i>	<i>ПГГ</i>	<i>ПГГ</i>	<i>Dп Известняк</i>	<i>Dп Известняк</i>
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	6,3814	8,1543	12,356	10,851	11,693	10,322	7,72311
Na ₂ O/K ₂ O	0,57	0,52	0,8268	0,4835	0,5546	1,516	0,94325
TiO ₂ /Al ₂ O ₃	0,0477	0,0447	0,0432	0,0398	0,0446	0,0373	0,04365
K/Na	1,9653	2,1614	1,3846	2,3213	2,1583	0,7534	1,19873
Sr/Ca	65,033	482,74	419,26	366,8	312,03	315,36	330,869
Ba/Sr	16,025	6,8501	31,938	38,956	31,145	50,402	51,6721
La/V	0,0432	0,0369	0,0348	0,0544	0,0822	0,0604	0,05154
Zr/TiO ₂	0,0199	0,033	0,0429	0,0418	0,0418	0,0388	0,0301

**Показатели геохимических модулей и индикаторов
в разрезе Сумайя, рассчитанные на основании данных
рентгено-флуоресцентного анализа**

<i>Сумайя</i>	<i>Mt мергель</i>	<i>ПГТ</i>	<i>ПГТ</i>	<i>ПГТ</i>	<i>Dn мергель</i>
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	2,45	2,406924	5,171456	5,264163	2,01
Na ₂ O/K ₂ O	0,91	1,240747	1,596813	1,693251	2,66
TiO ₂ /Al ₂ O ₃	0,04	0,038831	0,049404	0,047554	0,04
K/Na	1,09	0,976691	0,65879	0,645538	0,37
Sr/Ca	48,86	63,03524	38,19445	71,6292	31,09
Ba/Sr	0,82	1,696637	0,8171315	2,047881	0,94
Zr/TiO ₂	129,86	184,1722	363,1741	404,9158	169,36
La/V	0,24	0,232478	0,544884	0,444757	0,19

На основе изучения работ западных палеонтологов [8; 9; 10; 11; 12; 14] и в результате интерпретации полученных нами геохимических данных (табл. 2, 3) следует такая очередность событий в морском бассейне в районе Сумайи и Губбио на границе мезозой-кайнозойского времени:

– в течение маастрихтского века (74,5–66,4 млн л.) климат изучаемой территории характеризовался аридностью. Преобладание высоких температур воды создавало благоприятные условия для существования донных организмов. В конце среднего маастрихта на фоне продолжавшегося потепления практически исчезли (вероятнее всего, из-за недостатка кислорода в нижних слоях воды) самые стенобиотные (организмы, существующие в относительно постоянных условиях) тропические бентосы, обитающие в узком экологическом диапазоне, что позволило более эврибиотным сообществам (имеющим широкие диапазоны толерантности) заселить свободный субстрат. Структура вымирания глубоководных микроорганизмов, отраженная в разрезе Сумайя, была описана Хермом, Персивалем и Фишером [1]. По их мнению, в нескольких метрах от контакта с данием (Dn) слою маастрихта (Mt) характеризуются нормальными и разнообразными сообществами океанических планктонных фораминифер и известкового нанопланктона;

– в нескольких метрах ниже кровли пород маастрихтского возраста разреза Сумайя Хермом [11] отмечается уменьшение размеров планктонных фораминифер, селективное вымирание некоторых видов двустворчатых моллюсков, разрушение структуры пелагического сообщества и увеличение относительной обильности известкового бентоса; морская нанофлора остается нормальной. Причины, приведшие к последовательному исчезновению некоторых групп организмов после относительно спокойного периода, можно обнаружить при анализе изменения индекса химического выветривания [2], который используется нами как показатель климата в области размыва и напрямую коррелирует с палеоклиматом. Показатели этого индекса свидетельствуют о дальнейшей и постепенной ардидизации климата. Этот вывод подтверждается показателем зрелости осадков Ф. Петиджона, титановым модулем, а также Zr/TiO₂ и La/V геохимическими индексами, которые также свидетельствуют о зрелости осадков. Зрелость осадочных пород определяется относительной устойчивостью минералов в условиях выветривания, увеличивающейся по направлению ряда оливины → пироксены → роговые обманки → анортит → альбит → калиевый полевой шпат → мусковит → кварц. Конечным результатом этого процесса является полное преобразование ис-

ходного материала и отложение чисто кварцевых песков в ассоциации с глинистыми и карбонатными породами. Чем выше показатель зрелости осадков, тем более длительное время породы, образовавшие осадок, подвергались процессам выветривания;

– примерно за 10 тыс. лет до вымирания происходит сокращение кислородных зон, сопровождающееся продолжающимся упадком планктонных фораминифер и появлением среди нанофлоры некоторых экологических неспециализированных форм, в первую очередь, браарудосфер и торакосфер (так называемые «disaster species», или виды-сигналы бедствия [1]. Появление этих форм, которые в нормальных условиях вытесняются из сложных сообществ экологически специализированных микроорганизмов, впервые фиксируется в нескольких верхних сантиметрах мергелей и означает начало стресса и повсеместного разрушения пелагических экосистем. Во время накопления нижней половины пограничных глин виды-сигналы бедствия постепенно становятся численно доминирующими, в то время как количество нормальной нанофлоры уменьшается. Тогда же бентосные фораминиферы начинают преобладать над планктонными [1];

– в 15 см над подошвой пограничных глин оставшиеся меловые известковые планктонные фораминиферы и нанофоссилии полностью исчезают. Воздействие экологического стресса на всю морскую биоту было связано со всеобщим ухудшением условий среды в результате регрессии, дестабилизации морских температур, увеличения градиента поверхностных и донных температур и с расширением бескислородных зон. Этот экологический стресс вызвал постепенное уменьшение разнообразия океанических сообществ;

– в раннем дании пережившие пик кризиса виды рудистов (группа двустворчатых моллюсков) становятся численно преобладающими, но в систематическом отношении остаются однообразными [1];

– за этим следует быстрое увеличение разнообразия нанофлоры и планктонных фораминифер дания, возникновение типичной палеоценовой пелагической микробиоты и постепенная гумидизация климата.

Данные, полученные в результате геохимических исследований образцов, отобранных на геологических разрезах в Губбио и Сумайе, корректируют и вносят дополнительную ясность в характер процессов происходивших на данной территории в маастрихт — датское время. Экологический кризис, происходивший в данном районе и являвшийся частью общей дестабилизации биосферы, сопровождался усилением аридизации климата, увеличением солёности, уменьшением сноса материала в океан, что приводило к замедлению геохимического обмена между сушей и морем, заложниками которого становились многие океанические сообщества. В конце маастрихта — в начале датского века на земном шаре сложились неустойчивые, изменчивые физико-географические условия — климатические, прежде всего. Нестабильность условий весьма четко регистрируется геохимическими записями. Она отражает процессы, происходившие в гигантском водном резервуаре, в океанах и морях. На протяжении относительно короткого интервала времени периодически то в одной, то в другой части Мирового океана нарушалась динамическая система равновесия между океаном и атмосферой, изменялись направления ветров, возникали аномальные течения, ослаблялся или прекращался совсем подъем глубинных холодных вод, что приводило к потеплению поверхностных слоев воды и гибели пелагической биоты.

Основной вывод, который напрашивается после анализа новых и оценки имеющихся геологических и палеонтологических данных, заключается в том, что к рубежу мезозоя-кайнозоя были приурочены неустойчивые палеогеографические условия. Особенности рубежа не формировались под воздействием какого-либо одного направленного процесса

(похолодания или, наоборот, потепления, регрессии или трансгрессии и т. д.). Они представляют собой суммарный эффект действия и взаимодействия многих факторов. Нестабильность палеогеографии рубежа MZ — KZ является наиболее характерной его чертой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Катастрофы и история Земли: Новый униформизм / Пер. с англ. / Под ред. У. Берггрена и Дж. Ван Кауверинга. М.: Мир, 1986. 471 с.
2. *Нестеров Е. М.* Концептуальные аспекты науки о Земле и ее место в образовании // Труды 12-го Съезда РГО. СПб., 2005. Т. 7. С. 59–64.
3. *Нестеров Е. М., Тимиргалеев А. И., Дружинина А. А.* Место магматизма в теоретической геологии // Отечественная геология. 2009. № 2. С. 72–78.
4. *Нестеров Е. М., Тимиргалеев А. И., Маслова Е. В.* Оценка техногенного воздействия на городскую среду на основе изучения геохимии донных отложений // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион: Естественные науки. 2008. № 2. С. 96–99.
5. *Скляр Е. В.* Интерпретация геохимических данных: Учеб. пособие / Под ред. Е. В. Склярова. М: Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.
6. *Соколова Е. А.* Палеоокеанологические реконструкции Тихого океана для конца позднего мела (маастрихт) по планктонным фораминиферам. М.: ВИНТИ, 1998. № 1351. В. 98. 174 с.
7. *Соколова Е. А.* Эволюция климатических зон в маастрихте по планктонным фораминиферам // Докл. Акад. наук. 1999. Т. 367. № 1. С. 99–101.
8. *Adatte T., Keller G., Burns S., Stoykova K. H., Ivanov M. I., Vangelov D., Kramar U., Stube D.* Paleoenvironment across the Cretaceous-Tertiary transition in eastern Bulgaria // Geological Society of America Special Paper. 2002. P. 231–251.
9. *Alvarez W., Lowrie W.* Upper Cretaceous paleomagnetic stratigraphy at Moria (Umbrian Apennines, Italy): Verification of the Gubbio section. Geophys. J. R. Astron. Soc. 1978. № 55. P. 1–17.
10. *Christensen L., Fregerslev S., Simonsen A., Thiede J.* Sedimentology and depositional of lower Danian fish clay from Stevns Klint // Bulletin of the Geological Society of Denmark. Vol. 22/03. 1973. P. 193–217.
11. *Herm D.* Mikropalaontologisch-stratigraphische Untersuchungen im Kreide-flysch zwischen Deva und Zurnaya (Prov. Guipuzcoa, Nordspanlen). Deutsch. Geol. Ges. ZeUschr., Jahrg. 1963. № 15. P. 277–348.
12. *Monechi S.* Upper Cretaceous and Early Tertiary nannoplankton from the Scaglia Umbra Forma tion (Gubbio, Italy). Riv. Itai. Paleont. 1977. № 83. P. 759–802.
13. *Monechi S., and Thierstein H. R.* Late Cretaceous-Paleogene nannofossil and magneto-stratigraphic correlation in the Umbrian Apennines. Mar. Micropaleontol. 1977.
14. *Percival S. F., Fischer A. G.* Changes in Calcareous Nonplankton in the Cretaceous-Tertiary Biotic Crisis at Zumaya, Spain // Evolutionary Theory, Volume 2: January 1977 — December 1977. P. 1–35.
15. *Swain T.* Plant-animal coevolution: a synoptic view of paleozoic and Mesozoic // In J. B. Harborne (ed.), Biochemical aspects of plant and animal co-evolution. Academic Press, Inc., New York, 1978. P. 1–19.
16. United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC), World Atlas of Biodiversity: Earth's Living Resources for the 21st Century. University of California Press, 2002.

REFERENCES

1. Katastrofy i istorija Zemli: Novyj uniformizm / Per. s angl. / Pod red. U. Berggrena i Dzh. Van Kauveringa. M.: Mir, 1986. 471 s.
2. *Nesterov E. M.* Konceptual'nye aspekty Nauki o Zemle i jeje mesto v obrazovanii // Trudy 12 Sjezda RGO. SPb., 2005. T. 7. S. 59–64.
3. *Nesterov E. M., Timirgaleev A. I., Druzhinina A. A.* Mesto magmatizma v teoreticheskoj geologii // Otechestvennaja geologija. 2009. № 2. S. 72–78.
4. *Nesterov E. M., Timirgaleev A. I., Maslova E. V.* Otsenka tehnogennogo vozdejstviya na gorodskuju sredu na osnove izuchenija geohimii donnyh otlozhenij // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region: Estestvennye nauki. 2008. № 2. S. 96–99.

5. Skljarov E. V. Interpretatsija geohimicheskikh dannyh: Ucheb. posobie / Pod red. E. V. Skljarova. M: Internet Inzhiniring, 2001. 288 s.
6. Sokolova E. A. Paleookeanologicheskie rekonstrukcii Tihogo okeana dlja kontsa pozdnego mela (maastriht) po planktonnym foraminiferam. M.: VINITI, 1998. №. 1351. V. 98. 174 s.
7. Sokolova E.A. Evoljutsija klimaticheskikh zon v maastrihte po planktonnym foraminiferam // Dokl. Akad. nauk. 1999. T. 367. № 1. S. 99–101.
8. Adatte T., Keller G., Burns S., Stoykova K. H., Ivanov M. I., Vangelov D., Kramar U., Stube D. Paleoenvironment across the Cretaceous-Tertiary transition in eastern Bulgaria // Geological Society of America Special Paper. 2002. P. 231–251.
9. Alvarez W., and Lowrie W. Upper Cretaceous paleomagnetic stratigraphy at Moria (Umbrian Apennines, Italy): Verification of the Gubbio section. Geophys. J. R. Astron. Soc. 1978. № 55. P. 1–17.
10. Christensen L., Fregerslev S., Simonsen A., Thiede J. Sedimentology and depositional of lower Danian fish clay from Stevns Klint // Bulletin of the Geological Society of Denmark. 1975. Vol. 22/03. P. 193–217.
11. Herm D. Mikropalaontologisch-stratigraphische Untersuchungen im Kreide-flysch zwischen Deva und Zurnaya (Prov. Guipuzcoa, Nordspanlen). Deutsch. Geol. Ges. ZeUschr., Jahrg, 1965. № 15. P. 277–348.
12. Monechi S. Upper Cretaceous and Early Tertiary nannoplankton from the Scaglia Umbra Forma tion (Gubbio, Italy). Riv. Itai. Paleont. 1977. № 83. P. 759–802.
13. Monechi S., and Thierstein H. R. in press. Late Cretaceous-Paleogene nannofossil and magnetostratigraphic correlation in the Umbrian Apennines. Mar. Micropaleontol, 1977.
14. Percival S. F., Fischer A. G., Changes in Calcareous Nonplankton in the Cretaceous-Tertiary Biotic Crisis at Zumaya, Spain, // Evolutionary Theory, Volume 2 : January 1977 — December 1977. P. 1–35.
15. Swain T. Plant-animal coevolution: a synoptic view of paleozoic and esozoic / J. B. Harborne (ed.), Biochemical aspects of plant and animal co-evolution. Academic Press, Inc., New York. 1978. P. 1–19.
16. United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC), World Atlas of Biodiversity: Earth's Living Resources for the 21st Century. University of California Press, 2002.

М. П. Карушев, А. М. Тимонов

МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОВОДИМОСТИ ЭЛЕКТРОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСОВ НИКЕЛЯ С ОСНОВАНИЯМИ ШИФФА

(Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 10-03-00609)

*Приведены результаты исследования электрохимического окисления комплексов никеля с основаниями Шиффа ($[Ni(Schiff)]$) в ацетонитрильном растворе с использованием методов быстрой циклической вольтамперометрии на микроэлектроде, циклической вольтамперометрии и электрохимической кварцевой микрогравиметрии. Установлено, что первой стадией окислительной полимеризации комплексов $[Ni(Schiff)]$ является образование на поверхности электрода многослойных электроактивных структур, имеющих стековое строение. При последующем окислении происходит «сшивка» стеков за счет образования углерод-углеродных связей через *p*-положение фенильных колец лигандов молекул комплекса. Перенос заряда в пленках *poly*- $[Ni(Schiff)]$ осуществляется как между полимерными цепями (по стекам), так и вдоль полимерных цепей. Определены способы влияния на степень полимеризации и пути переноса заряда в полимерных комплексах никеля с основаниями Шиффа.*

Ключевые слова: основания Шиффа, проводящие полимеры, микроэлектроды.