



12. Кормушин В.А. О способе выражения концентрации минералообразующих растворов // III Всесоюзное Совещание по термобарометрии и геохимии глубинных минералообразующих растворов. М., 1968. С. 246-427.
 13. Мельников Ф.П. Методы исследования газовой-жидких включений в минералах // Лабораторные методы исследования минералов, руд и пород. М., 1975. С. 109-164.
 14. Такуноучи С., Кеннеди Дж.К. Бинарная система H_2O-CO_2 при высоких температурах и давлениях // Термодинамика постмагматических процессов. М., 1968. С.110-136.
 15. Петриченко О.И. Методы дослідження включень у мінералах галогенних пород. К.: Наукова Думка, 1973. 91 с.
 16. Ковалевич В.М. Физико-химические условия формирования солей Стебниковского калийного месторождения. К.: Наукова Думка, 1978. 99 с.
 17. Петриченко О.И. Атлас микровключений в минералах галогенных пород. К.: Наукова Думка, 1977. 182 с.

18. Московский Г.А., Гончаренко О.П. Геохимия заключительных стадий галогенеза в раннепермском солерудном бассейне Прикаспия. Геология освоения ресурсов галогенных формаций // Материалы Международной конференции. Проблемы формирования и комплексного освоения месторождений солей. Пермь: ГИ УРО РАН, 2001. С.144-156.
 19. Московский Г.А., Гончаренко О.П. Гидрохимические аспекты гипотез галогенеза (на примере кунгурских солей Прикаспия) // Недра Поволжья и Прикаспия. 2001. № 28. С. 18-22.
 20. Гончаренко О.П. Температурные условия развития геотермальной системы вулкана Барнского (о. Итуруп) // Геохимия. 1993. № 2. С.237-242.
 21. Гончаренко О.П., Шелепов Д.А. Особенности гидротермальной минерализации в тафrogenных областях на примере Кушмурунского грабена (по данным изучения включений) // Труды X Международной конференции по термобарогеохимии. 10-14 сентября 2001 г. г. Александров. ВНИИСИМС. С.387-398.

УДК 086.5:552.147:552.55(551.763.3/781)(470.44/47)

МОДЕЛИ КРЕМНЕНАКОПЛЕНИЯ В МОРСКИХ БАСЕЙНАХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Е.Ф. Ахлестина, старший научный сотрудник НИИ Геологии
 А.В. Иванов, директор НИИ Геологии

E-mail: niig@sgu.ssu.runnet.ru

В поздне меловое и палеогеновое время фиксируется максимальное развитие кремненакопления на территории Нижнего Поволжья. Представлены модельные реконструкции кремненакопления в сантонском, палеоценовом и среднеэоценовом морских бассейнах. При этом использованы результаты анализа основополагающих критериев: типа бассейна, гидродинамического режима, особенностей биоты, характера окружающей суши, особенностей климата, источников кремнезема, ландшафтных особенностей морского дна, генетических типов осадков, а также взаимоотношений кремнистых осадков с иными.

Models of silicon accumulation in marine basins of Volga region

E.F. Akhlestina, A.V. Ivanov

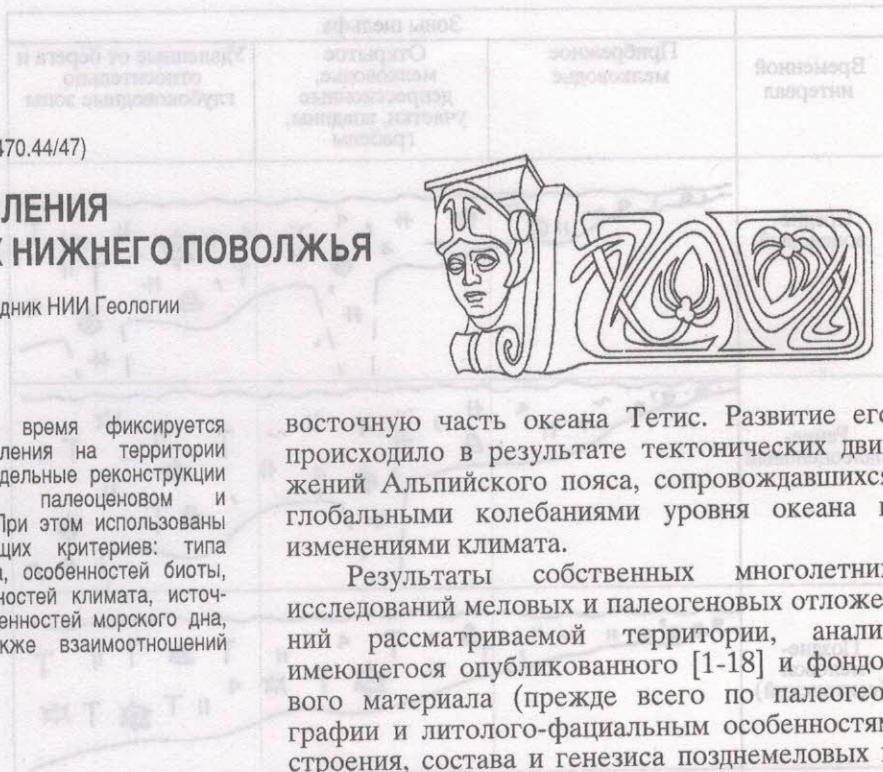
The maximum development of silicon accumulation in the region of the Volga river is recognized during the late cretaceous and palaeogene periods. Some models of reconstruction of silicon accumulation in the Santonian, Palaeocene and Middle Eocene marine basins are represented. Analysis of such main criteria as: type of basin, hydrodynamic conditions, peculiarities of biota, surrounding land, climate, source of silicon, features of landscape on the marine bottom, genetic types of sediments and interrelation of silicon-containing sediments with others were applied for proposed reconstruction here.

Максимальное развитие кремненакопления, связанного с образованием опоковидных силицитов, приурочено к позднему мелу и палеогену. В это время на рассматриваемой территории существовал морской бассейн, представляющий собой шельфовую северо-

восточную часть океана Тетис. Развитие его происходило в результате тектонических движений Альпийского пояса, сопровождавшихся глобальными колебаниями уровня океана и изменениями климата.

Результаты собственных многолетних исследований меловых и палеогеновых отложений рассматриваемой территории, анализ имеющегося опубликованного [1-18] и фондового материала (прежде всего по палеогеографии и литолого-фациальным особенностям строения, состава и генезиса поздне меловых и палеогеновых отложений региона) позволяют осуществить реконструкцию и представить модель кремненакопления в указанный отрезок времени.

При построении модели использовались основополагающие критерии, выделенные С.А.Морозом с соавторами [11] при построении модели кремненакопления в палеоценовом бассейне Русской плиты и М.Л.Ирвин [19] для моделей карбонатакопления. Это прежде всего тип бассейна, его режим, органический мир, характер окружающей суши, особенности климата, источники кремнезема, основные ландшафтные зоны морского дна и генетические типы осадков, взаимоотношение с другими осадками (см. рис. и табл.).



Поздний мел. Сантонский бассейн. Поздне-меловая эпоха характеризуется максимальным развитием трансгрессии, занявшей обширные территории юго-востока Русской плиты. Особенно значительно увеличилась акватория сантонского бассейна, воды которого практически слились с водами океана Тетис и свободно циркулировали через Тургайский пролив с бореальными водами Арктического океана. Рассматриваемый авторами регион оказался, в основном, в зоне относительно глубоководного внутреннего шельфа, удаленного от источников сноса.

Бассейн характеризовался нормальным солевым и газовым режимом, теплыми водами, хорошей аэрируемостью придонных вод. Актив-

визация водообмена с резервуаром Мирового океана и усиление подтока глубинных океанских вод в поверхностные слои вызвало обогащение бассейновых вод кремнеземом и многими элементами (N, P, Fe, Al, Ca, Na, K и др.), что способствовало повышению биоразнообразия. Незначительное поступление обломочного материала, спокойные условия осадконакопления в зонах относительного глубоководья, благоприятный режим сантонского (главным образом, раннесантонского) бассейна оказали существенное влияние на обильное развитие планктона как с известковой, так и с кремниевой функцией, а также кремниевого бентоса. Из организмов с кремниевыми элементами скелета бурное развитие получили радио-

лярии и губки-гексактинеллиды [16, 20]. Последние расселялись в прибрежно-мелководных участках дна, зонах отмелей с постоянным перемещением придонных вод, образуя локальные скопления. Радиолярии осваивали обычно наиболее спокойные мелководные и относительно глубоководные участки. Эти организмы обитают, в основном, в водах с океанической соленостью (32-38 ‰), ведут планктонный образ жизни и расселяются на разных глубинах. По мере перехода от относительно мелководных к более глубоководным условиям существования изменяются морфологические особенности панциря радиолярий. В поздне-меловых отложениях описываемого региона наблюдаются, как правило, сферические или дискоидальные спумеллярии, реже башенковидные населярии.

Ландшафты морского дна сантонского бассейна (особенно раннесантонского) были относительно выровнены. Однако рассматриваемая территория в это время была в стадии постоянного опускания. Наиболее погруженной оказалась область Волго-Уральского междуречья, где происходило накопление преимущественно известково-кремнистых и кремнистых осадков.

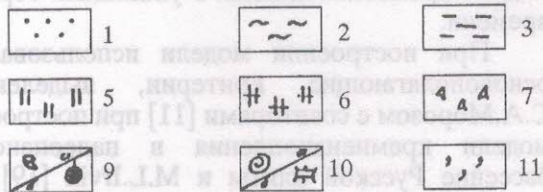
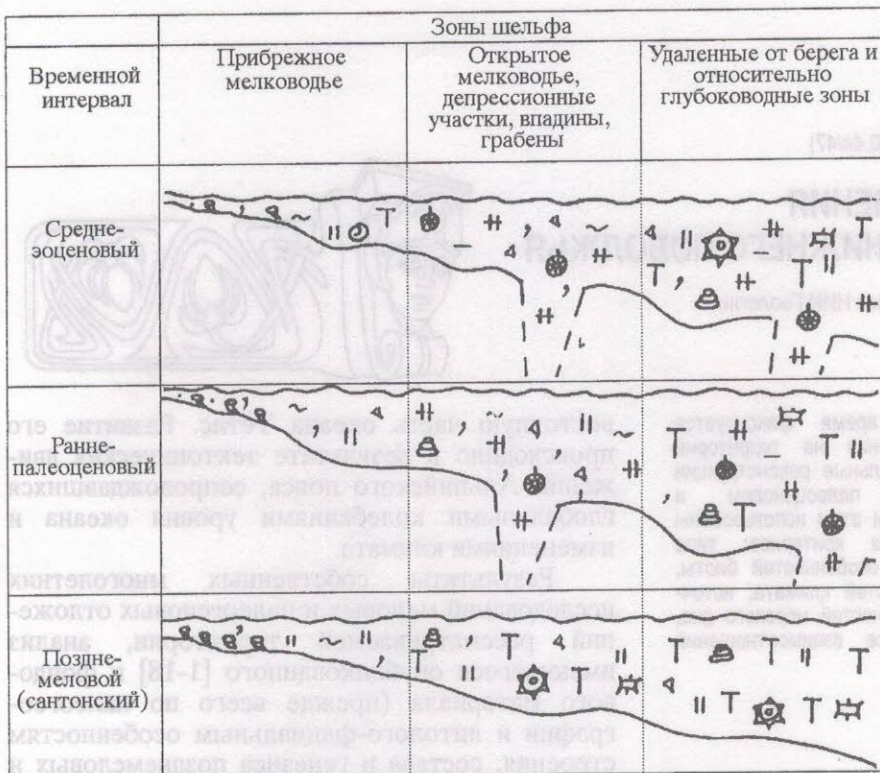


Рис. Модели этапов кремненакопления в поздне-меловых и палеогеновых бассейнах.

Условные обозначения: 1 - пески; 2 - алевриты; 3 - глины, глинистость; 4 - карбонатно (известково)-глинистые осадки; 5 - кремнистые осадки; 6 - диатомовые осадки; 7 - витрокластика; 8 - а) фораминиферы, б) радиолярии; 9 - а) губки, б) диатомеи; 10 - а) нуммулиты, б) кокколитофориды; 11 - глауконит



Таблица
Основные генетические критерии кремненакопления
в поздне меловых и палеогеновых морских бассейнах Нижнего Поволжья

Критерии	Время		
	Поздне меловое (сантонское)	Палеоценовое	Среднеэоценовое
Тип бассейна	Морской бассейн субокеанического типа со слабо дифференцированным рельефом дна и свободными связями с водами Мирового океана	Морской бассейн с дифференцированным рельефом дна и периодической связью с водами Мирового океана	Морской субокеанический бассейн с контрастными глубинами, свободной связью с борельными водами и ограниченной связью с водами океана Тетис
Режим бассейна	Нормально морской, тепловодный, с малоактивной гидродинамикой	Нормально морской, тепловодный, с неустойчивой гидродинамикой	Нормально морской, тепловодный, с неустойчивой гидродинамикой
Породообразующие организмы	Радиолярии, губки, фораминиферы, кокколитофориды	Диатомеи, сапикофлагеллаты, губки, фораминиферы, кокколитофориды	Диатомеи, радиолярии, фораминиферы, кокколитофориды
Климат. Преобладающий тип выветривания	Тропический гумидный, влажный. Химический	Тропическо-субтропический гумидный с периодами аридизации. Химический	Субтропический гумидный, перемененно влажный. Химический
Основные источники SiO ₂ , минеральных солей	Воды Мирового океана, продукты вулканизма (пеплы кислого состава)	Воды Мирового океана, продукты вулканизма (пеплы кислого состава) и гидротермы	Воды Мирового океана, продукты вулканизма (пеплы основного и кислого состава) и гидротермы
Основные ландшафтные зоны морского дна	Впадины мелководья и относительно глубоководные участки	Депрессионные и относительно глубоководные участки	Депрессионные (впадины, грабены, разломы) и относительно глубоководные участки
Основные генетические типы кремнистых осадков	Терригенно-биогенные и биогенные глинисто-известково-кремнистые (радиоляриевые) илы	Терригенно-биогенные и биогенные алевритово-глинисто-кремнистые (губково-диатомовые) илы	Терригенно-биогенные алевритово-кремнистые (диатомовые), глинисто-известково-кремнистые (радиоляриевые) илы
Сопутствующее осадконакопление	Биогенное планктогенно-известковое и терригенное глинистое	Терригенное песчано-алевритово-глинистое, вулканогенное и биогенное планктогенно-известковое	Терригенное алевритово-глинистое, биогенное планктогенно-известковое и вулканогенное

Основная масса питательных веществ, необходимых для жизнедеятельности кремниевых организмов, поступала за счет активизации донных и поверхностных течений, апвеллингов, усилившихся в трансгрессивную фазу развития ранне-сантонского бассейна. Второстепенную роль играли вулканогенные продукты и гидротермы.

Области наиболее интенсивного кремненакопления были приурочены к наиболее погруженной части сантонского бассейна, охватывавшей, главным образом, территорию прибортовой зоны Прикаспийской впадины и восточного склона Воронежской антеклизы.

Наиболее распространенными генетическими типами кремнистых осадков сантонского бассейна были биогенные и терригенно-биогенно-планктогенно-наофоссилиеые осадки относительно глубоководных участков. Они имели, преимущественно, смешанный глинисто-известково-кремнистый состав с изменениями во времени и пространстве соотношений этих компонентов. Сугубо кремнистые (радиоляриевые) осадки образовали маломощные прослои.

Кремненакопление в сантонском бассейне сопровождалось и периодически сменялось карбонатонакоплением, что контролировалось флуктуациями биопродуктивности и критической глубиной карбонатонакопления.

Палеоценовый морской бассейн, унаследовавший основные черты поздне мелового, продолжал оставаться окраинной частью шельфа океана Тетис. Однако его акватория заметно сократилась. Бассейн имел субширотное распространение, занимал практически всю южную часть Русской плиты и вдавался в виде залива в глубь материка, примерно, до широты современного г. Ульяновска. Связь с резервуаром Мирового океана не прекращалась. Бассейн был мелководным с отдельными углубленными участками и впадинами. Наиболее глубокие части бассейна располагались, как и в поздне меловое время, в междуречье Волги и Урала, а также в восточной части мегавала Карпинского.



Режим бассейна определялся нормально морской соленостью, хорошей аэрацией придонных вод, теплопроводностью, контрастным чередованием гидродинамических (с сильными волнениями и течениями) и относительно спокойных условий. Это существенно отразилось на распределении и характере осадков, а также особенностях развития биоты.

Наиболее широкое развитие получили диатомовые водоросли, силикофлагеллаты и кремниевые губки, заселившие практически всю акваторию палеоценового бассейна. Отдельные локальные участки характеризовались их аномально высокой продуктивностью. Губки концентрировались в прибрежно-мелководных участках шельфа, на отдельных поднятиях и подводных цоколях островов. Диатомовые водоросли и силикофлагеллаты осваивали, в основном, депрессионные участки, особенно связанные с зонами разломов.

Ландшафты окружающей суши представляли собой низменные равнины, на которых произрастала в условиях тропическо-субтропического переменного влажного климата обильная теплолюбивая растительность, представленная, в основном, вечнозелеными формами (папоротники, пальмы, лавровые, миртовые, жестколистые дубы и др.) [21]. На суше с различной интенсивностью проявлялись биогеохимические процессы выветривания, продукты которого поверхностными и грунтовыми водами выносились в седиментационный бассейн.

Основная масса кремнезема и других веществ, необходимых для жизнедеятельности кремниевых организмов, поступала в палеоценовый бассейн седиментации в трансгрессивный этап его развития за счет свободных связей с резервуаром Мирового океана, а также с гидротермами и вулканогенными продуктами (пеплами). Второстепенную роль играл речной сток.

Области наиболее интенсивного кремнезема накопления как в позднем мелу, так и, в еще большей мере, в палеогене приурочены к Ульяновско-Саратовско-Волгоградскому правобережью Волги, занимая в виде узкой (50×100 км) полосы меридионального направления территорию Рязано-Саратовского прогиба, прибортовой зоны Прикаспийской впадины и Восточного склона Воронежской антеклизы. В целом эта территория, соответствующая так называемой «Линии Шатского» - крупной шовной структуре в восточной части Русской плиты с системой приразломных впадин-грабен, была, вероятно, активной зоной перикаспийского тектогенеза, проявления подводного вулканизма и гидротермальных процессов, игравших активную роль в питании бассейнов седиментации верхнего мела и палеогена всеми необходимыми для жизнедеятельности организмов элементами, в том числе и кремнеземом.

Наиболее распространенными генетическими типами кремнистых осадков палеоценового бассейна являются терригенно-биогенные и биогенно-терригенные осадки прибрежных, прибрежно-мелководных зон шельфа и открытого мелководья; терригенно-биогенные планктонно-нанофоссилиевые осадки депрессионных и удаленных от берега относительно глубоководных участков. Это были, в основном, песчано-, алевроитово-, глинисто-кремнистые и кремнистые (опоковидные силициты, диатомиты) осадки, иногда с примесью витрокластического материала.

Процессы кремнезема накопления сопровождались процессами терригенного осадкообразования и в значительно меньшей степени карбонатонакопления, что было обусловлено фациальной приуроченностью зон кремнезема накопления.

Среднеэоценовый морской бассейн располагался в пределах тех же районов и тектонических структур, что и палеоценовый. Однако в результате обширной среднеэоценовой трансгрессии границы бассейна значительно расширились на западе, что привело к соединению вод среднеэоценового бассейна юго-востока Русской плиты с водами Баренцовоморского бассейна Арктического океана через Тургайский пролив. Увеличилась область глубоководного шельфа (в северном Прикаспии до 300 м и более), где отлагались преимущественно тонкодисперсные глинистые, глинисто-кремнистые и глинисто-кремнисто-известковые осадки.

Бассейн имел нормальный солевой и газовый режим, теплые воды, активный водообмен с северными и южными морями Мирового океана, в результате которого воды среднеэоценового бассейна обогащались многими биологически важными элементами, что обеспечило разнообразие и численное представительство биоты. Локальное развитие получили преимущественно диатомовые водоросли и в меньшей степени радиолярии, концентрировавшиеся, в основном, в депрессионных участках, связанных с зонами разломов (Александровский грабен, Громославская зона разломов, Ульяновско-Саратовская зона дислокаций), где сохранились мощные толщи диатомитов (Инза, Сингелей, Ивановка, Громославка и др.).

Ландшафты морского дна и окружающей бассейн континентальной территории отличались от позднемеловых и палеоценовых более значительной дифференцированностью, расчлененностью дна и рельефа суши. Это выразилось в некотором усилении механических процессов выветривания при еще значительной роли биохимических процессов в условиях субтропического переменного влажного климата. Теплолюбивая вечнозеленая растительность была аналогична в целом палеоценовой.



Основными источниками кремнезема и других веществ, необходимых, главным образом, для расцвета диатомовых водорослей, как наиболее прихотливой группы кремниевых организмов, были бореальные воды Арктического океана, гидротермы и витрокластический материал основного и кислого состава. Второстепенная роль принадлежала тетическим водам и речным стокам.

Наиболее интенсивно кремненакопление проявилось в среднем эоцене в депрессионных участках Ульяновско-Саратовско-Волгоградской зоны дислокаций (где преимущественное развитие получили диатомовые илы) и удаленных от берега относительно глубоководных зонах морского бассейна (Прикаспийская впадина, где накапливались, главным образом, глинисто-известково-кремнистые диатомово-радиоляриевые илы).

Основными генетическими типами кремнистых осадков среднеэоценового морского бассейна являются терригенно-биогенные и биогенные фитопланктонные осадки депрессионных участков и терригенно-биогенные и биогенные фито-зоопланктонно-нанофосси-

лиевые осадки относительно глубоководных участков морского бассейна. Это главным образом алевритовые, глинистые, алевритово-глинистые диатомовые илы (диатомиты) и глинисто-диатомово-радиоляриевые, известково-кокколито-радиоляриевые илы (глинодиатомиты, известково-глинисто-кремнистые (радиоляриевые) разности).

Кремненакопление в среднеэоценовом бассейне сопровождалось процессами терригенного и в меньшей степени карбонатного осадкообразования, что контролировалось импульсивностью биопродуктивности и фациальной зональностью.

Представленные модели кремненакопления в морских бассейнах отдельных временных интервалов позднего мела и палеогена, возможно, не отражают всей сложности процесса кремненакопления в целом, но достаточно полно освещают своеобразие физико-химических и гидродинамических характеристик условий седиментации, гетерогенную природу механизма концентрации кремнезема в морских бассейнах при превалирующей роли биогенного фактора.

Библиографический список

1. Архангельский А.Д. К вопросу о происхождении некоторых осадочных кремнистых пород СССР. Избр. труды. М.: ИО АН СССР, 1954. Т. 2. С. 661-669.
2. Бушинский Г.И. Кремнистые породы // Справочное руководство по петрографии осадочных пород. М.: Госгеолтехиздат, 1958. Т. 2. С. 255-268.
3. Страхов Н.М. О некоторых вопросах геохимии кремнезема // Геохимия кремнезема. М.: Наука, 1966. С. 5-8.
4. Лисицын А.П. Основные закономерности распределения современных кремнистых осадков и их связь с климатической зональностью // Геохимия кремнезема. М.: Наука, 1966. С. 90-91.
5. Муравьев В.И. О генезисе опок // Литол. и полезн. ископ. 1973. № 4. С. 94-106.
6. Муравьев В.И., Цеховский Ю.Г., Ахлестина Е.Ф., Бабушкин Д.А., Каледа К.Г. Вулканические пеплы базальтового состава из палеоценовых отложений Южного Поволжья // Литол. и полезн. ископ. 1997. № 3. С. 327-330.
7. Хворова И.В. Океанский тип седиментогенеза и его специфика (Сравнительный анализ седиментогенеза на океанских и континентальных плитах). Сообщение 1, 2 // Литол. и полезн. ископ. 1995. № 1. С. 3-15.; № 2. С. 3-15.
8. Холодов В.Н. Эволюция кремненакопления в истории Земли // Происхождение и практическое использование кремнистых пород. М.: Наука, 1987. С. 6-43.
9. Каледа Г.А. Эволюция кремнистого осадконакопления на континентальном блоке // Происхождение и практическое использование кремнистых пород. М.: Наука, 1987. С. 43-59.
10. Дистанов У.Г. Закономерность формирования высококремнистых осадков в мезозое-кайнозое // Геология морей и океанов. М.: ИО АН СССР, 1986. Т. 1. С. 45-46.
11. Мороз С.А., Митропольский А.Ю. Модель морского кремненакопления // Препр. 88-36. Киев: ИГН АН УССР, 1988. С. 35.
12. Ахлестина Е.Ф., Курлаев В.И. О составе и генезисе палеоценовых отложений Саратовской и Волгоградской областей // Вопросы геологии Южн. Урала и Поволжья. Саратов: СГУ, 1979. Вып. 18. С. 119-131.
13. Ахлестина Е.Ф., Иванов А.В. Силициты верхнего мела и палеогена Поволжья. Саратов: Изд-во Гос УНЦ «Колледж», 1998. 76 с.
14. Ахлестина Е.Ф., Иванов А.В. Эволюция кремненакопления в поздне меловых и палеоценовых морских бассейнах Нижнего Поволжья // Материалы к Первому Всероссийскому литологическому совещанию. М.: Геос, 2000. С. 43-45.
15. Ахлестина Е.Ф., Иванов А.В. К вопросу кремненакопления в бассейнах позднего мела и палеогена Поволжья // Недра Поволжья и Прикаспия. Саратов: НВ НИИГТ, 2000. Вып. 24. С. 14-20.
16. Ахлестина Е.Ф., Иванов А.В., Первушов Е.М. Роль кремниевых организмов в осадконакоплении в поздне меловых и палеоценовых бассейнах Поволжья // Тр. НИИ Геологии СГУ. Новая серия. Том VII. Саратов: Научная книга, 2001. С. 19-30.
17. Adachi M., Yamamoto K., Sugisaki N. Hydrothermal chert and associated siliceous rocks from the Northern Pacific: their geological significance as indication of ocean ridge activity // Sediment. Geol. 1986. Vol. 47, № 1 / 2. PP. 125-148.
18. Heath G.K. Dissolved silica and deep sea sediments in «Studies in paleoceanography» // Soc. Econ. Paleontol. and Miner. Spec. Publ. 1974. № 20. PP. 77-93.
19. Irvin M.L. General theory of epeiric clear water // Sedimentation. Publ. Am. Ass. Petrol. Geol. 1965. 49. PP. 445-459.
20. Первушов Е.М. Поздне меловые вентрикулитидные губки Поволжья // Тр. НИИ Геологии Саратовского государственного университета. Новая серия. Саратов: Изд-во ГосУНЦ «Колледж», 1998. Т. 2. 168 с.
21. Жидовинов Н.Я., Ахлестина Е.Ф. Реконструкция климата палеогена, неогена и эоценового Нижнего Поволжья и Сев. Прикаспия. Саратов: СГУ, 1994. С. 62. Рук. Деп. ВИНТИ. № 2290-В94.