

УДК 56.017.2:551.763.3(571.1)

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ПАЛЕОГЕОГРАФИИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО ЭПИКОНТИНЕНТАЛЬНОГО МОРСКОГО БАСЕЙНА В СЕНОНЕ

В.А. Маринов*, Э.О. Амон, А.Е. Игольников*, О.С. Урман***

**Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН
630090, Новосибирск, просп. акад. Коптюга, 3
E-mail: marinovVA@uiggm.nsc.ru*

***Институт геологии и геохимии УрО РАН
620075, Екатеринбург, Почтовый пер., 7
E-mail: amon@igg.uran.ru*

Поступила в редакцию 18 апреля 2008 г.

Проведено палеогеографическое и палеоэкологическое изучение фаунистических ассоциаций сантона-маастрихта морского бассейна Западной Сибири, дополненное результатами анализа мощностей горизонтов. Анализ площадного распределения фоссилей позволил уточнить положение границ бассейна и их изменение во времени. Установлены некоторые показатели условий среды обитания организмов – температура, газовый режим и гидродинамическая активность.

Ключевые слова: *Западная Сибирь, мел, сенон, палеогеография, палеоэкология.*

MAIN FEATURES OF PALEO GEOGRAPHY OF WEST-SIBERIAN EPICONTINENTAL MARINE BASIN IN SENONIAN

V.A. Marinov*, E.O. Amon, A.E. Igol'nikov*, O.S. Urman***

**Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of RAS
**Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS*

The paleogeographic and paleoecological studying of faunal associations of West Siberian Santonian-Maastrichtian marine basin was carried out with addition of the results of horizons thickness analysis. The analysis of fossils space distribution has allowed specifying the position of basin and their change in time. Some parameters of organism's conditions inhabitancy – temperature, gas regime and hydrodynamic activity, were recognized.

Key words: *Western Siberia, Cretaceous, Senonian, paleogeography, paleoecology.*

ВВЕДЕНИЕ

Завершающие меловой период сантонский, кампанский и маастрихтский века являются временем существенных изменений среды и климата на значительных океанических и континентальных пространствах Северного полушария. Для арктических, субарктических и бореальных районов эти изменения хорошо представлены в Западной Сибири, где расположены наиболее полные разрезы отложений верхнего мела морского генезиса. Реконструкции абиотических параметров морского бассейна Западной Сибири в меловом периоде и их изменений во времени традиционно основываются на анализе литологических, геохимических и палеонтологических данных [Гольберт и др., 1968; Саркисян, Прозветалова, 1968; Атлас..., 1976, и др.]. Значение биологических маркеров для палеогеографических и палеоэкологических исследований особое, поскольку «ископаемые организмы часто являются более точными показателями среды обитания и сре-

ды осадкообразования, чем сами породы» [Геккер, 1957, стр. 5].

Так, благодаря геохимическому анализу изотопного состава кислорода в рострах поздне меловых белемнитов Д.П. Найдиным [1965] получены первые абсолютные значения палеотемператур Западно-сибирского моря. Изучение площадного распространения таксонов-иммигрантов фораминифер из Перитетической и Бореально-Атлантической областей позволило Э.Н. Кисельман [1969] оконтурить территории влияния южных и арктических морей. Одна из первых попыток провести типизацию ассоциаций западносибирской микрофауны по их отношению к солености, температуре и аэрации вод, типам грунтов удаленности от побережья была сделана З.И. Булатовой с соавторами [1967]. Основываясь, главным образом, на материалах палинологических исследований, А.В. Гольберт с соавторами [1977] указал на существенные различия климата раннего и позднего сенона. В.М. Подобиной с соавторами [2005] были сделаны выводы о температу-

ре, гидродинамике и глубинах Западносибирского моря в сеноне по результатам изучения микрофаунистических сообществ, с учетом преобладающих в них морфотипов раковин. За последнее десятилетие появились новые материалы, полученные в том числе и авторами настоящего сообщения, обобщение которых позволяет уточнить представления о параметрах морского бассейна, существовавшего в сантоне-маастрихте на территории Западной Сибири.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В работе использован палеонтологический материал, собранный авторами в разные годы в разрезах естественных обнажений и скважин сантона-маастрихта Усть-Енисейского района Сибири, Приполярного, Среднего и Южного Зауралья, и, кроме того, привлечены опубликованные материалы [Захаров и др., 1986, 1989; Верхнемеловые..., 1990; Подобина, 2000, и др.]. Обобщены данные по 86 разрезам верхнего мела, изученным в естественных выходах и в скважинах (рис. 1). Уточнен таксономический состав комплексов головоногих и двустворчатых моллюсков, радиолярий и фораминифер из различных районов Западной Сибири.

Вновь полученные палеонтологические материалы, с учетом уже известных, были проанализированы с использованием апробированных ранее методик биофациального анализа [Белоусова и др., 1981; Подобина, 1994, и др.]. Выполнены реконструкции контуров палеобассейна, анализ батиметрического, газового и гидродинамического режимов, температуры и солености вод сенонского Западно-Сибирского бассейна. Привлекались данные литолого-фациального анализа отложений и сравнительного анализа мощностей горизонтов.

Заключения о физико-химических параметрах сенонских бассейнов Сибири основываются преимущественно на анализе экологических требований обитавших в нем организмов. Например, присутствие и качественный состав теплолюбивых фораминифер, головоногих и двустворчатых моллюсков, кораллов и других иммигрантов из Бореально-Атлантической палеогеографической области интерпретируется как показатель термического режима бассейна. Появление иммигрантов было следствием палеогеографической перестройки в результате повышения температуры вод Западно-Сибирского моря.

В качестве другого примера можно указать морских рептилий (мозазавры и др.). Нижний предел зимней минимальной температуры вод, допускающей их существование, определяется в интервале температур 10-12°C [Гольберт и др., 1968, 1977]. Ареалы, сравнимые по площади с ареалами распространения морских рептилий, имели бореально-атлантические аммониты *Gaudryceras*, *Pachydiscus*,

Acantoscaphites, *Discoscaphites* и наутилиды *Eutrophoceras*, *Cymatoceras*, что, вероятно, отражает их близкую к рептилиям требовательность к температуре вод.

Меньшими были области существования выражено теплолюбивых двустворчатых моллюсков и белемнитов. В состав тепловодного комплекса двустворок входят следующие таксоны: *Korobkovitrigonia*, *Apiotrigonia*, *Pinna*, *Exogyra*, *Pycnodonta*, *Gryphaea*, *Ostrea*, *Lima*, виды южных иноцерамид *Spyridoceramus caucasicus* (Dobrov), *Cataceramus regularis* (d'Orb.), *Trochoceramus* ex gr. *radiosus* (Quaas). Минимальной зимней температурой для существования устриц является 17-18°C [Гольберт и др., 1968]. Некоторые роды белемнитов (*Actinocamax*, *Paractinocamax*), как предполагается, были постоянным компонентом сибирских палеобиоценозов позднего мела вплоть до их исчезновения в раннем кампане. К теплолюбивым таксонам, проникавшим в Западную Сибирь из сопредельных морей Бореально-Атлантической области, относятся белемниты родов *Belemnitella*, *Belemnella*, *Neoblemnella*. Среди тепловодных фораминифер присутствуют как планктонные (роды *Rugoglobigerina*), так и бентосные (*Bolivinoidea miliaris* Hiltermann et Koch, *B. decorata* (Jones)) таксоны. Площадь географического распространения аммонитов несколько больше, чем устричных двустворок и белемнитов. Следовательно, порог минимальных температур их существования находится в пределах 12-17°C.

Соотношение в бентосных ассоциациях таксонов, обитавших в условиях активной гидродинамики (реофильных) и предпочитавших спокойную среду, указывает на степень подвижности придонного слоя вод и глубину бассейна. Реофильными являются двустворчатые моллюски родов *Entolium*, *Pecten*, *Lopatinia*, *Tancredia*, *Arctica*, *Lima*, фораминиферы «дискорбисового» комплекса, основным признаком которого является преобладание крупных толстостенных раковин нодозариид (роды *Nodosaria*, *Dentalina*, *Lenticulina*, *Robulus*). Ослабленный гидродинамический режим предпочитают среди двустворок представители рода *Oxytoma*, *Malletia* и иноцерамиды. Поскольку реофильные организмы обитали не глубже уровня воздействия регулярных волн, то есть 10 м [Захаров и др., 2005], их присутствие является указанием на мелководность бассейна. Двустворчатые моллюски *Exogyra*, *Pycnodonta*, *Gryphaea*, *Ostrea* так же обитают в мелководных условиях.

О газовом режиме придонного слоя вод свидетельствует относительное разнообразие среди донных организмов (двустворок, гастропод и фораминифер) таксонов, нуждавшихся в высоком содержании растворенного в воде кислорода (оксифильных). К оксифильным относятся двустворчатые моллюски родов *Exogyra*, *Pycnodonta*, *Gryphaea*, *Ostrea*, *Entolium*, *Chlamys*, *Tancredia*, *Arctica*.

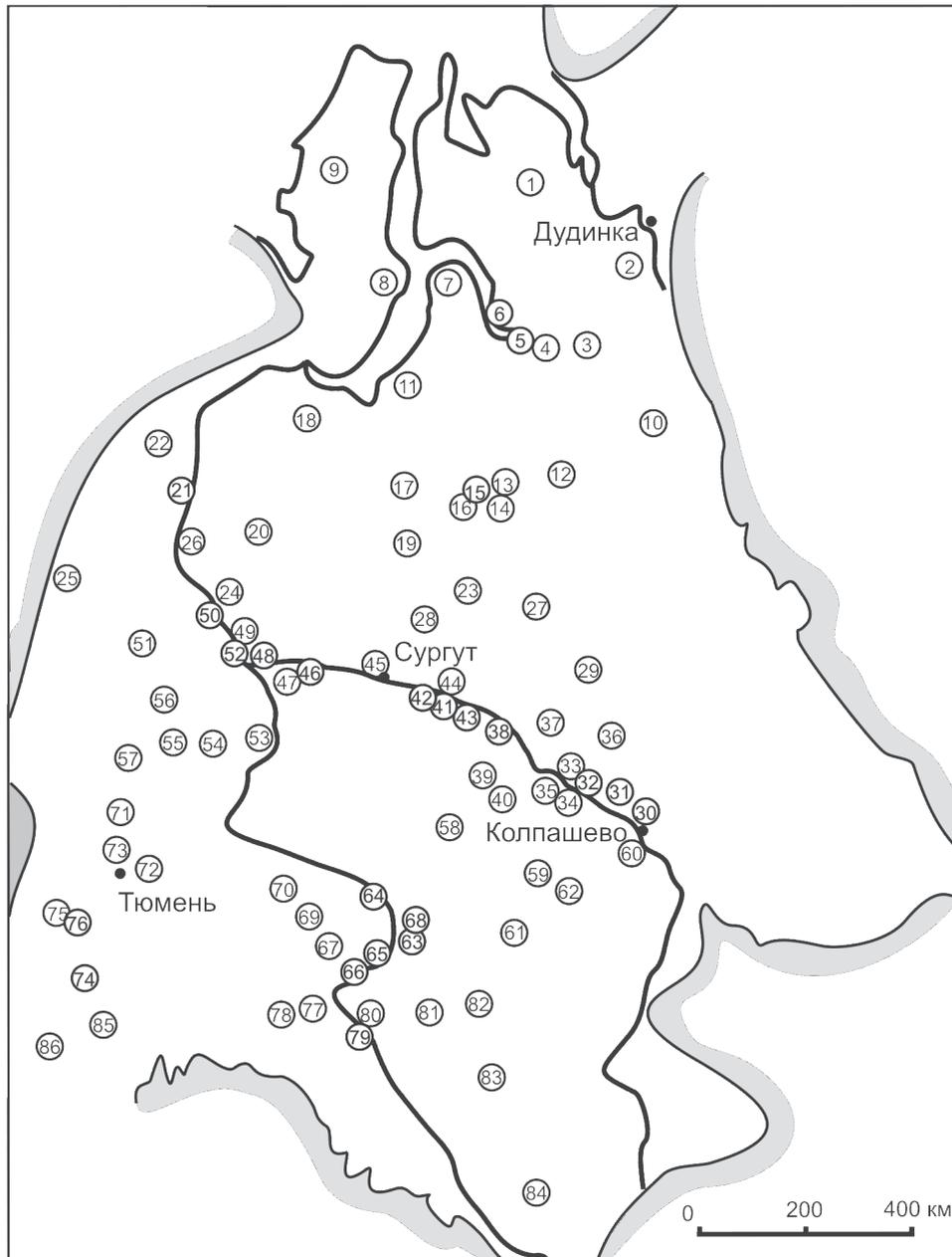


Рис. 1. Местоположение изученных разрезов.

1 – р. Танама; 2 – р. Большая Лайда; буровые площади: 3 – Туколандо-Вадинская; 4 – Заполярная; 5 – Тазовская; 6 – Находкинская; 7 – Ямбургская; 8 – Новопортговская; 9 – Харасовейская; 10 – устье р. Малая Баиха; буровые площади: 11 – Медвежья; 12 – Часельская; 13 – Пурпейская; 14 – Харампурская; 15 – Губкинская; 16 – Комсомольская; 17 – Надымская; 18 – Подлуйский профиль скважин; 19 – Умсейская буровая площадь; 20 – Казымский профиль; 21 – Березовская буровая площадь; 22 – р. Сыня; буровые площади: 23 – Холмогорская; 24 – Мало-Атлымская; 25 – р. Сев. Сосьва; буровые площади: 26 – Перегребная; 27 – Бахилловская; 28 – Федоровская; 29 – Ларьякская; 30 – Кетская; 31 – Нарымская; 32 – Каргасокская; 33 – Усть-Тымская; 34 – Усть-Сильгинская; 35 – Васюганский профиль; буровые площади: 36 – Тымская; 37 – Вартовская; 38 – Александровская; 39 – Средневасюганская; 40 – Мыльджинская; 41 – Соснинская; 42 – Покурская; 43 – Мегионская; 44 – Вагинская; 45 – Сургутская; 46 – Салымская; 47 – Приобская; 48 – Ханты-мансийская; 49 – Красноленинская; 50 – Емь-Еговская; 51 – Даниловская; 52 – Каменная; 53 – Уватская; 54 – Параметрическая; 55 – Леушинская; 56 – Половинкинская; 57 – Кузнецовская; 58 – Нововасюганская; 59 – Чижапский профиль; буровые площади: 60 – Колпашевская; 61 – Межевская; профили: 62 – Парабель-Чузик; 63 – Тарский; буровые площади: 64 – Завьяловская; 65 – Большереченская; 66 – Саргатская; 67 – Чебурлинская; 68 – Новологиновская; 69 – Малиновская; 70 – Викуловская; 71 – Туринская; 72 – Тюменская; 73 – устье р. Мугай; 74 – р. Уй; 75 – р. Колчедан; 76 – р. Теча; буровые площади: 77 – Ревякинская; 78 – Киньшинская; 79 – Сосновская; 80 – Омская; 81 – Татарская; 82 – Барабинская; 83 – Карасукская; 84 – Ключевская; 85 – Введенская; 86 – карьер Качар.

Фораминиферы с секреторной раковиной более требовательны к содержанию кислорода, чем агглютинирующие формы. Поэтому количественное соотношение агглютинирующих и секреторных раковин в комплексах позволяет установить, насколько значительным было содержание кислорода в придонных водах. Показателем хорошей аэрации дна бассейна и высокого содержания кислорода является наличие в составе комплексов богатой инфауны (например, фораминифер отряда *Nodosariida*, двустворок родов *Grammatodon*, *Protocardia*, *Pleuromya*, *Pinna*). Как свидетельство ослабленной аэрации и дефицита кислорода в придонных водах рассматривается резкое преобладание в комплексах эпифаунных форм (например, фораминифер рода *Trochammina*, из двустворок окситом и иноцерамид).

Результаты исследования зависимости, обусловленности и приуроченности определенных радиолярий к условиям обитания (температура, глубина, соленость, гидродинамика, район акватории и т.п.) весьма полезны в проведении палеогеографических, палеобиогеографических, палеоэкологических реконструкций. Чаще всего подобные исследования проводятся на единичных видах, но здесь мы использовали для целей палеореконовструкций таксоны радиолярий высоких систематических категорий, точнее *морфотипы* высших таксонов (родов, семейств, отрядов). Выявление особенностей связи морфотипа со средой, либо восстановление параметров палеосреды по морфотипам может быть осуществлено при помощи построения компьютерных моделей [Амон, 2000а,б]. Исходной базой таких моделей являются эмпирические данные о распространении видов радиолярий в тех или иных стратиграфических подразделениях бассейна палеоседиментации.

Изменение во времени площади морских акваторий определялось картографическим методом. Положение границ палеобассейна уточнялось как находками представителей морской фауны, стеногалинных форм, так и распределением индикаторных формаций прибрежного генезиса (например, оолитовых железных руд, бокситов).

Для выяснения преобладающего направления терригенного сноса в Западно-Сибирский бассейн, использован метод сравнительного анализа мощностей разновозрастных горизонтов [Нейман, 1974; Кукал, 1987]. Выявлялись средние мощности осадков для каждого горизонта. Далее определялись районы, где мощности отличаются от средних и картировались районы пониженных и повышенных мощностей. Районы максимальных мощностей интерпретировались как области избыточного осадконакопления, минимальных (за исключением прибрежных, с конденсированными разрезами) – дефицитного. Прилегающие территории суши рассматривались, соответственно, как области преобладающего и пониженного сноса.

Авторы при выполнении палеогеографических построений оперировали региональными стратиграфическими подразделениями – горизонтами. Ярусная принадлежность горизонтов верхнего мела Западной Сибири не всегда понимается однозначно. Авторы рассматривали горизонты в объеме следующих биостратонов в ранге зон и слоев с фауной.

Ипатовский горизонт (верхняя часть, сантон) рассматривается в объеме иноцерамовых зон *Sphenoceras cardisoides*, *S. patootensis* и *S. patootensiformis* (нижняя часть); слоев с аммонитами *Baculites* aff. *codyensis*; слоев с белемнитами *Actinocamax verus shatrashanensis*, *Actinocamax laevigatus laidanensis*; зон по фораминиферам *Cribrostomoides cretaceus exploratus* – *Ammomarginulina crispa*, *Ammobaculites dignus* – *Pseudoclavulina hastata admota*.

Славгородский горизонт (нижний и нижняя часть верхнего кампана) включает иноцерамовую зону *Sphenoceras patootensiformis* (верхнюю часть); слои с аммонитами *Scaphites hippocrepis* – *Baculites obtusus*; слои с белемнитами *Actinocamax laevigatus ussaensis*; зоны по фораминиферам *Bathysiphon vitta* – *Recurvoides magnificus* и *Cibicidoides eriksdalensis primus* (нижнюю часть).

Ганькинский горизонт (верхняя часть верхнего кампана и маастрихт) объемлет слои с аммонитами *Rhaeboceras* cf. *albertense*, *Baculites knorriani* – *B. ex gr. anceps*; зону по белемнитам *Belemnella lanceolata*; слои с иноцерамиды *Spyridoceras tegulatus* – *S. caucasicus*; зоны по фораминиферам *Cibicidoides eriksdalensis primus* (верхняя часть); *Spiroplectamina variabilis* – *Gaudryina rugosa spinulosa*; *Spiroplectamina kasanzevi* – *Bulimina rosenkrantzi*; *Brotzenella praeacuta*.

Выполненная корреляция местных био- и литостратиграфических подразделений с зональными подразделениями региональной стратиграфической шкалы Западной Сибири, бореального стандарта и Общей стратиграфической шкалы [Решение..., 2005] позволила оценить на детальной биостратиграфической основе продолжительность и скорость формирования отдельных свит и подсвит. Датировка биостратонов зонального ранга в абсолютном летоисчислении относительно международной временной шкалы [Gradstein et al., 2004] заимствована из работы [Наг et al., 1988]. Скорость седиментации определялась как отношение мощности литостратона ко времени его образования. Такую характеристику, как уплотнение осадков при диагенезе, авторы не учитывали, поскольку основной своей задачей считали выяснения тенденции изменения скорости осадконакопления во времени, а не абсолютные значения скорости. Установленные различия в интенсивности поступления осадка столь значительны, что учет степени уплотнения вряд ли может существенно повлиять на выводы об общей закономерности изменения темпов седиментации во времени и пространстве.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Коньякский эпизод незначительной регрессии и первых инвазий теплых вод из Перитетической области завершился в начале раннего сантона бо-реальной трансгрессией. В позднем сантоне в Западной Сибири трансгрессия продолжилась, в результате чего площадь морского бассейна увеличилась до 2,07 млн. км² (рис. 2). Тургайский пролив, соединявший Туранское и Западносибирское моря и начавший свое функционирование в коньякское время, в сантоне, кампане и маастрихте действовал постоянно, являясь связующим звеном между тети-ческой и бореальными биотами.

С началом кампана в приуральской части Западной Сибири положение и конфигурация береговой линии существенно не изменились [Еремеева, Белоусова, 1961], хотя в раннем кампане на западе появилось дополнительное сообщение Западносибирского моря с бассейнами Восточно-Европейской платформы в виде Среднеуральского пролива, пересекавшего Уральскую сушу [Амон, 2001]. На востоке Западной Сибири восточная граница моря несколько сместилась на запад. Морские отложения здесь замещаются континентальной сымской свитой [Каштанов, 1990]. Площадь бассейна уменьшилась до 1,95 млн. км².

Начало ганькинского времени (вторая половина позднего кампана) совпадает с началом новой крупной трансгрессии [Подобина и др., 2005]. Территория, занятая морем, увеличивалась за счет как приуральских, так и приенисейских районов. В начале позднего маастрихта море достигло максимальной для позднего мела площади – 2,17 млн. км². В позднем маастрихте море отступает, что фиксируется по палеонтологическим и литологическим данным [Подобина, Ксенева, 1992], и к началу палеоцена сокращается до 1,90 млн. км² [Гольберт и др., 1968].

Средние значения температуры вод моря в сантоне-маастрихте могут быть оценены по соотношениям изотопов кислорода в рострах белемнитов и по пространственному распределению термофильных таксонов. Изотопные данные указывают на температуры вод вблизи западного побережья в пределах 10-15°C [Гольберт, 1987]. Остатки теплолюбивых таксонов в сибирских разрезах сантона-маастрихта относительно многочисленны. Однако их стратиграфическое и латеральное распространение не является неравномерным.

Основная часть находок термофильных таксонов приурочена к Зауралью и западным частям Западной Сибири, что связывается с влиянием постоянно действовавшего теплого южного течения, направлявшегося вдоль восточного склона Урала с юга на север [Амон, 2001]. Они присутствуют в всем разрезе сенона в районах Южного (р. Уй), и Среднего Урала (скважины Кузнецовская, Камышловского района, бассейн рек Тагил, Мугай, Исеть).

В северо-западных районах теплолюбивые формы обнаружены в естественных выходах верхнего мела на рр. Северная Сосьва и Сыня, в керне скважин площадей Березовская, Мало-Атлымская, Ханты-Мансийская. Это аммониты *Discoscaphites* и белемниты *Belemnitella* и *Belemnella* [Папулов, 1974], аммониты *Acantoscaphites* [Воронков, 1959], *Pachydiscus*, *Gaudryceras* [Галеркина, 1959], двустворчатые моллюски родов *Gryphaea*, *Ostrea* [Турбина, 1962]; *Apiotrigonia*, *Korobkovitrigonia* [Пояркова, 1990] и планктонные фораминиферы родов *Rugoglobigerina* [Кисельман, 1960; Еремеева, Белоусова, 1961; Фораминиферы..., 1964]. Раковины теплолюбивых организмов в комплексах верхнекампанских фоссилей не найдены. Однако их исчезновение может быть объяснено не только понижением температуры вод, но и слабой изученностью верхнекампанской фауны этого района Сибири, вследствие очень редкой встречаемости любых органических остатков в верхах славгородского и низах ганькинского горизонтов.

На северо-востоке региона находки теплолюбивых организмов связаны с определенными уровнями (рис. 3). В Усть-Енисейском районе (р. Большая Лайда и р. Танама) они неизвестны в верхнем сантоне; в нижнем кампане (славгородский горизонт) обнаружены наутилиды *Eutrephoceras* и кости рептилий. Наутилиды и рептилии обнаружены также в верхней части верхнего кампана и маастрихте (ганькинский горизонт) [Захаров и др., 1986; Маринов и др., 2006]. Остатки раннемаастрихтских мозазавров известны также и на севере Тургая (карьер Приозерный).

В южных (Омская область) и юго-восточных (Томская область) районах в ипатовском и славгородском горизонтах (коньяк-нижняя часть кампана), находки всех групп фауны крайне редки. Богатые комплексы фауны в нижней части ганькинского горизонта в скважинах Ревякинской, Саргатской, Татарской, Ларьякской площадей и профилях скважин Парабель-Чузик (верхний кампан и нижний маастрихт) содержат теплолюбивые двустворки рода *Gryphaea* и южные виды иноцерамид из группы *Spyridoceramus regularis* [Турбина, 1962]. В скважинах Тарской, Омской, Саргатской, Киньшинской, Малиновской, Сосновской, Чебурлинской, Больше-реченской площадей обнаружены многочисленные южные виды бентосных фораминифер *Bolivinoides miliaris*, *B. decorata*, и планктонных фораминифер рода *Rugoglobigerina* [Кисельман, 1960, 1969]. В Томской области теплолюбивые планктонные фораминиферы обнаружены в скважинах Парабель-Чузикского профиля на Нововасюганской площади [Подобина, 2000].

Распределение организмов, предпочитавших активную гидродинамику (реофильных), на протяжении сантона-маастрихта существенно менялось. В позднесантонское время реофильные организмы редки, встречены только в самых прибрежных

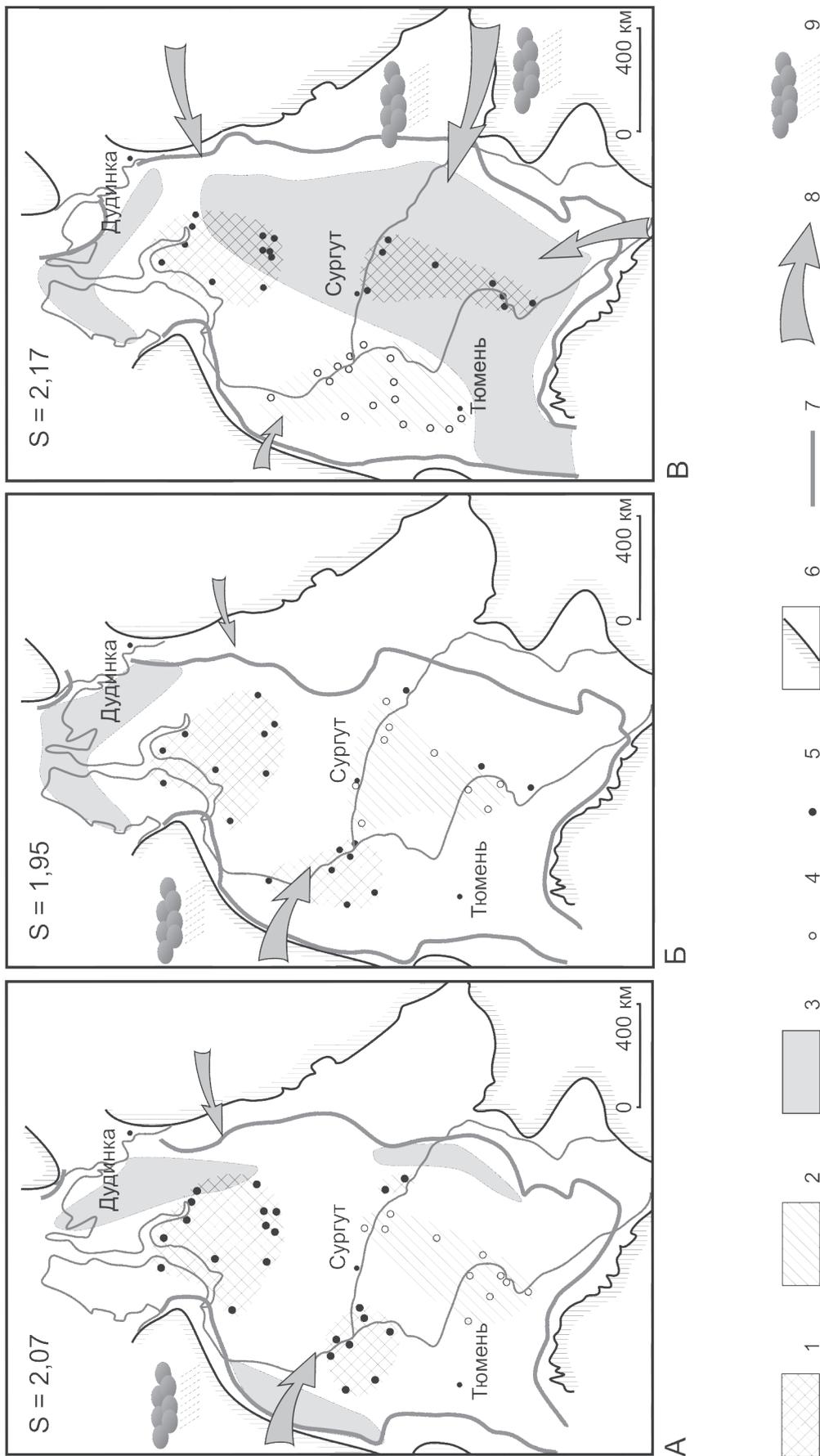


Рис. 2. Распределение находок оксифильных таксонов, минимальных и максимальных мощностей ипатовского (А, сантон), славгородского (Б, кампан) и ганькинского (В, терминальный кампан-маастрихт) горизонтов.

Условные обозначения: 1 – зоны максимальных мощностей горизонтов, 2 – зоны минимальных мощностей горизонтов, 3 – зоны распространения оксифильных форм, 4 – разрезы с минимальными мощностями горизонтов, 5 – разрезы с максимальными мощностями горизонтов, 6 – границы распространения мезозойских отложений Западной Сибири, 7 – границы морского бассейна, 8 – направление и объем сноса терригенного материала, 9 – территории распространения влаголюбивой флоры, S – площадь морского бассейна (млн. км²).

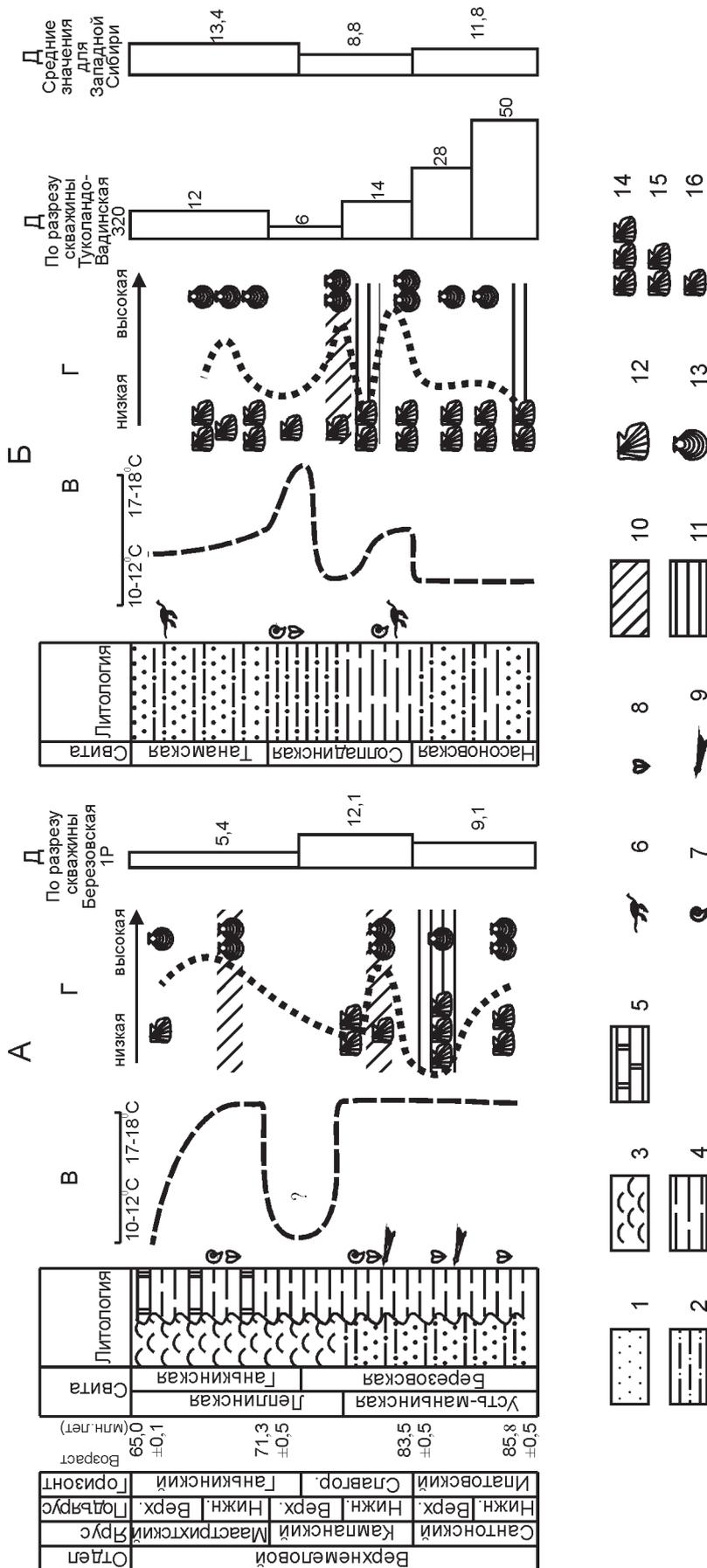


Рис. 3. Сравнительная характеристика параметров северо-западных (А) и северо-восточных (Б) акваторий Западно-Сибирского палеобассейна в сантоне-маастрихте. Реконструкции для северо-западных частей Западной Сибири выполнены по материалам изучения разрезов верхнего мела Северного Зауралья и Березово-Вартовского района, для северо-восточных – Усть-Енисейского района. В – палеотемпературы вод по данным палеоэкологии. Г – энергия придонных слоев вод. Д – динамика темпов осадконакопления (мм/тыс. лет).
 1-5 – литология: 1 – песчаники, 2 – алевроиты, 3 – глины диатомовые, 4 – глины, 5 – мергели. 6-9 – уровни находок остатков термофильных таксонов: 6 – ретгилий, 7 – теплолюбивых родов аммонитов, 8 – теплолюбивых родов двустворчатых моллюсков, 9 – теплолюбивых родов белемнитов. 10, 11 – энергия придонных вод: 10 – высокая, 11 – низкая. 12, 13 – находки раковин: 12 – реофильных организмов, 13 – предпочитавших спокойную гидродинамику. 14-16 – частота встречаемости раковин: 14 – много, 15 – редко, 16 – единично.

фациях. Это двустворчатые моллюски *Goniomya*, *Tancredia*, *Protocardia*, *Lopatinia* обнаруженные на р.Танама [Захаров и др., 1986], *Exogyra*, *Pycnodonta* в районе р. Теча [Еремеева, Белоусова, 1961]. Основная площадь дна бассейна была заселена двустворчатыми *Oxytoma tenuicostata* Roemer, предпочитающими спокойноводные обстановки. Окситомовые слои установлены в скважинах Тюменской, Туринской, Леушинской, Кузнецовской [Папулов, 1974], Заводоуковской, Березовской, [Глазунова и др., 1960], Саргатской, Буткинской площадей [Турбина, 1962], Казымского профиля [Галеркина 1959].

В раннекампанское время обитатели обстановок с активной гидродинамикой населяли прибрежные участки бассейна. Это двустворчатые моллюски *Lopatinia*, *Arctica*, *Pecten*, обнаруженные в бассейнах рек Большая Лайда и Северная Сосьва [Маринов и др., 2006]. Эпизодически они количественно не уступают формам, предпочитающим условия ослабленной гидродинамики: *Malletia*, *Nucula*, *Lucina*, *Pleuromya*. Один из таких эпизодов зафиксирован в разрезе пограничных отложений сантона-кампа на р. Большая Лайда. В ганькинское время (вторая половина позднего кампа и маастрихт) реофильная фауна широко расселилась по всему бассейну. Двустворки родов *Gryphaea*, *Ostrea*, *Pecten* найдены в скважинах Мало-Атлымской, Березовской, Татарской, Ларьякской площадей Казымского профиля, и др. [Галеркина, 1959; Глазунова, 1960], а комплексы крупных нодозариид (фораминиферы), найдены в бассейне р. Большая Лайда.

В сантоне и кампане были распространены сообщества фораминифер с *Ammomarginulina crista* – *Cribrosomoides cretaceus exploratus* и *Bathysiphon vitta* – *Recurvoides magnificus*, в которых преобладали менее требовательные к содержанию кислорода агглютинирующие таксоны. Оксифильные фораминиферы с секреторной раковиной редки [Подобина, 1974, 2000]. В начале ганькинского времени происходит перестройка в сообществах макро- и микрофауны. Основную площадь дна бассейна заселили богатые ассоциации оксифильных известковистых фораминифер с *Cibibidoides eriksdalensis primus* и *Bolivinoidea decoratus* [Кисельман, 1969; Подобина, 1974]. Переносящие недостаток кислорода агглютинирующие формы преобладали только в западных и северо-западных районах низменности [Еремеева, Белоусова, 1961]. Широкое распространение получили ассоциации двустворок с преобладанием инфантных форм [Глазунова, 1960].

Компьютерная модель расселения радиолярий в Западносибирском бассейне в меловом времени показала следующее. Факторный анализ, проведенный на уровне родов и семейств, отметил наличие события, которое жестко контролировало распределение частот встречаемости морфотипов. Событие произошло на рубеже турона и коньяка и разделило всех радиолярий на две группы – в одну входили

морфотипы скелетов, которые доминировали в комплексах радиолярий в альбе-сеномане-туроне; во вторую – морфотипы, доминировавшие в коньяке и позднее. Данное событие интерпретировано как деятельность течения, начавшего оказывать свое влияние в коньяке, это влияние затем продлилось в сантоне-маастрихте; течение, в свою очередь, было обусловлено открытием Тургайского пролива и инвазией вод тетического типа из Туранского моря в Западносибирское.

Кластерный анализ позволил выявить зависимость морфотипов радиолярий от условий обитания. Среди спумеллярий выделяется время альба-турона с доминированием морфотипов *Hexastilioidea* и *Actinommoida* и время коньяка с доминированием морфотипов *Spongodiscoida* и *Actinommoida*. В кампан-маастрихтское время ни один из морфотипов не получает решающего значения, все морфотипы примерно в равной степени представлены в ассоциациях радиолярий, но меньшее значение имеет морфотип *Actinommoida*. Можно сделать заключение, что морфотип *Spongodiscoida* более адаптивен к тепловодным условиям обитания, морфотип *Actinommoida* – к более холодноводным, морфотип *Hexastilioidea* – эврибионтен и толерантен.

Населлярии более устойчивы к воздействиям среды и более пластичны. Только один морфотип – *Cannobotryoida* – характеризуется безусловным доминированием в раннемаастрихтское время, а морфотипы *Acropyramidoida*, *Eucyrtidoida*, *Stichocapsoida* почти без флюктуации численности присутствуют в ассоциациях радиолярий в течение альба-маастрихта. Морфотип *Stichocapsoida* ослаблен в позднем кампане-раннем маастрихте, это может свидетельствовать о том, что в маастрихте начинает сказываться, помимо температурного, и иной фактор, например, некоторое нарушение галофильного равновесия, на которые *Cannobotryoida* и *Stichocapsoida* реагируют противоположным образом. Вполне вероятно, что в раннем маастрихте, в результате общего эвстатического подъема вод Западносибирское море стало более «океаническим» по солёности. Последнее хорошо согласуется с данными Д.П. Найдина [Проливы..., 2007], указавшего на факт локального и регионального опреснения эпиконтинентальных морей Восточно-Европейской провинции в терминальном кампане и наличия низкосолёных вод в Палеоарктическом бассейне.

Объем поступающего в бассейн терригенного материала и положение основных источников существенно различались для сантона-кампа и терминального кампа-маастрихта. Невысокие средние скорости формирования отложений в сантоне (9,1-14,5 мм/тыс. лет) уменьшились в раннем кампане (6,6-11,0 мм/тыс. лет). Анализ распределения мощностей ипатовского и славгородского горизонтов указывает на стабильность положения областей сноса на протяжении сантона и раннего кампа.

Максимальные мощности сантона и нижнего кампана (150-200 м) приурочены к западным (район Кондинско-Сосьвинского междуречья) и северным (территория Большехетской мегавпадины) частям Западно-Сибирской низменности (см. рис. 2). Минимальные мощности отмечаются на юго-востоке (в Обь-Иртышском междуречье). Скорости осадконакопления в приуральских акваториях (9-20 мм/тыс. лет) были в несколько раз выше, чем в центральных и юго-восточных (2,5-11,0 мм/тыс. лет).

В начале ганькинского времени количество поступающего в бассейн терригенного материала в среднем увеличилось до 9,7-17,2 мм/тыс. лет (см. рис. 3). На севере ганькинский горизонт так же, как ипатовский и славгородский, имеет наибольшую мощность на территории Большехетской впадины – области стабильного прогибания в позднемеловое время. В южной же половине низменности максимальные мощности осадков ганькинского горизонта установлены уже в юго-восточных районах, минимальные – в Кондинско-Сосьвинском междуречье. С началом ганькинского времени в северо-западном регионе темпы седиментогенеза уменьшились (3,8-7,5 мм/тыс. лет) и резко возросли на территории Обь-Иртышского междуречья (13,0-25,8 мм/тыс. лет). Зона избыточного поступления осадка в терминальном кампане и маастрихте являлись уже центральные и юго-восточные части бассейна, дефицитного – северо-западные.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Широкое распространение термофильных таксонов головоногих и двустворчатых моллюсков в сеноне Западно-Сибирского региона подтверждает вывод А.В. Гольберта с соавторами [1977] о преимущественно высоких температурах вод бассейна. Температурный режим определял распределение биотических сообществ, их дифференциация в пространстве позволяет реконструировать локальные особенности температурного режима Западно-Сибирского палеоморя.

В приуральской части низменности теплолюбивые таксоны в большом количестве установлены во всех горизонтах терминального мела. Следовательно, в приуральских акваториях температура вод на протяжении сантона и маастрихта не опускалась ниже 17-18°C. В южных акваториях, судя по находкам теплолюбивых планктонных фораминифер, белемнитов и устриц, температура вод была выше 17-18°C в позднем кампане и маастрихте. На остальной территории бассейна минимальная зимняя температура вод была выше 10-12°C в раннем кампане и терминальном кампане-маастрихте. Это подкрепляется данными по радиоляриям, поскольку у этой группы планктона, адаптированной к тепловодным условиям средиземноморского типа, репродуктивная функция снижается при 15°C и утрачивается при 10°C и менее [Афанасьева и др., 2005].

Широкое распространение тепловодных фораминифер в ганькинское время на территории Обь-Иртышского междуречья [Кисельман, 1969] и находки устричных моллюсков [Турбина, 1962] показывает, что температура юго-восточных акваторий была около 20°C. Следовательно, минимальные температурные градиенты фиксируются в раннем кампане, терминальном кампане-раннем маастрихте, максимальные – в позднем сантоне и первой половине позднего кампана и начале позднего маастрихта.

Изменение уровня кинетической энергии бассейна в сантоне-маастрихте отражено в вариациях количественного распределения бентосных реофильных организмов, предпочитавших активную гидродинамику. В позднеантонское время реофильные формы были крайне редки. Дно бассейна заселяли преимущественно эпифаунные виды двустворок (иноцерамиды и окситомы), предпочитавшие спокойные воды. Все это свидетельствует о низком уровне волновой (и, вероятно, ветровой) энергии. В раннем кампане встречаемость представителей реофильной фауны остается низкой, но эпизодически они количественно не уступали обитателям спокойноводных обстановок. С началом ганькинского времени (вторая половина позднего кампана-маастрихта) реофильная фауна (двустворки родов *Gryphaea*, *Ostrea*, *Pecten*, фораминиферы) [Галеркина, 1959; Глазунова, 1960] расселяется по всей площади бассейна, что, по нашему мнению, отражает резкое усиление гидродинамической активности.

Степень аэрации дна бассейна тесно связана с интенсивностью гидродинамики. В позднем сантоне и раннем кампане резко преобладают группы фораминифер, переносящие дефицит кислорода. Преобладание среди макробентоса позднего сантона моновидовых сообществ двустворчатых моллюсков с *Oxytoma tenuicostata*, обитавших на поверхности субстрата, возможно, указывает на эпизодический (например, сезонный) или постоянный дефицит кислорода в придонном слое вод. В славгородском горизонте находки даже эврибионтных форм редки, что может указывать на относительно широкое распространение в раннекампанское время неблагоприятных для существования бентоса условий. С началом ганькинского времени отмечается почти повсеместное преобладание оксифильных форм (двустворок и фораминифер). Переносящие дефицит кислорода агглютинирующие фораминиферы доминируют только на северо-западных акваториях, что интерпретируется в некоторых работах как следствие влияния холодного течения, идущего вдоль Урала из Арктики и указание на значительные глубины моря. Однако этому противоречат многочисленные находки в Приуральской части Западной Сибири, как термофильных форм, так и реофильных, обитающих в зоне действия регулярных волн, не глубже 10 м.

Латеральное распределение реофильных форм в маастрихтском морском бассейне позволяет оценить его глубину. Находки форм, обитавших в зоне действия регулярных волн, фиксируются на территории, занимавшей не менее половины площади бассейна. Поэтому мы предполагаем, что средние глубины основной части бассейна были незначительными. Диапазон глубин мог быть в пределах 10-100 м, максимально – до 150 м. В пользу верхнего значения интервала свидетельствуют факты распространения реофильных моллюсков, в пользу нижнего – факты распространения планктонных форм (радиолярий и планктонных фораминифер).

Так, расселение радиолярий на западе территории в Среднем и Южном Зауралье по данным Э.О. Амона [2000а,б] и Д.П. Найдина [Проливы..., 2007] в значительной степени контролировалось поверхностными и подповерхностными течениями. В период альба-турона северные холодные течения приносили популяции радиолярий из Бореальной области, которые, расселившись затем в Западносибирском бассейне, сформировали радиоляриевую фауну бореального типа, имеющую некоторые черты эндемизма. Рубежным событием было открытие Тургайского пролива, соединившего Западносибирское и Туранское моря. Инвазии теплых вод, не прекращавшиеся, начиная с коньяка, вплоть до раннего эоцена, принесли в Западносибирский бассейн теплолюбивую радиоляриевую фауну тетического типа. В связи с общим потеплением планетарного климата в коньяке-маастрихте, последняя освоила акваторию Западносибирского бассейна, и, встретившись с бореальными эндемиками, сформировала популяции смешанного бореально-тетического типа в южной части бассейна. Расселение тетических форм происходило быстро, благодаря существовавшей системе течений, одно из которых, теплое, шло вдоль восточного склона Урала, другое, также теплое, направлялось на восток вдоль южной периферии Западносибирского моря, разнося планктонных фораминифер.

Существование системы течений требовало глубин бассейна, превышавших базис ударных и штормовых волн, т.е. превышавших глубины расселения реофильных моллюсков, что могло составлять 50-70 м. Наибольшие глубины до 100-150 м, вероятно, концентрировались на западе территории в районах восточного Зауралья и несколько восточнее, где отмечено обилие планктонной биоты. Вместе с тем, факты широкого площадного распространения реофильных моллюсков позволяют сделать заключение, что в маастрихте, особенно позднем, профиль дна Западносибирского бассейна был очень неровным. Пятнами на различных участках территории могли существовать подводные возвышенности с глубинами до ~ 10 м, которые являлись районами преимущественного обитания реофильных моллю-

сков. Этому заключению не препятствует тенденция общего обмеления бассейна к концу маастрихта.

Анализ состава флористических сообществ сантона-раннего кампана показывает, что юго-восточное побережье испытывало дефицит атмосферных осадков [Рычкова, 2005]. На западном побережье Западно-Сибирского бассейна климат был более влажным, чем на восточном [Атлас..., 1976]. Максимальные мощности сантона и кампана находятся в западных частях Западной Сибири. Следовательно, обломочного материала со стороны Урала в бассейн поступало больше, чем со стороны Алтае-Саянской области. Таким образом, отмечается прямая корреляция объема твердого сноса с количеством выпадавших атмосферных осадков.

В ганькинское время восточный берег являлся зоной избыточного увлажнения, о чем свидетельствует преобладание во флористических комплексах позднего кампана и маастрихта гигромезофильной растительности [Гольберт и др., 1977]. В отличие от сантона и раннего кампана, основные области сноса в позднем кампане и маастрихте находились в районах, пограничных с юго-восточными частями бассейна. Предполагается, что большое количество атмосферных осадков увеличивало объем терригенного сноса и способствовало формированию максимальных мощностей вдоль восточного борта бассейна. Палинологические данные не позволяют уверенно реконструировать облик растительных сообществ Уральского региона, особенно его средней и северной частей [Гольберт и др., 1977]. Но, по аналогии с динамикой объемов твердого сноса и влажности климата юго-восточного побережья, можно предположить, что значительное сокращение поступления обломочного материала в приуральские акватории в конце позднего кампана было вызвано аридизацией климата на территории Среднего и Северного Урала.

ВЫВОДЫ

Проведено палеоэкологическое изучение фаунистических ассоциаций сантона-маастрихта морского бассейна Западной Сибири, дополненное результатами анализа мощностей горизонтов. Анализ площадного распределения фоссилий позволил уточнить изменение положения границ бассейна во времени. Установлены некоторые показатели условий среды обитания организмов – температура, газовый режимы и гидродинамическая активность.

Условия в западных и восточных частях сенонского моря различались. Вследствие постоянно существующей связи с Бореально-Атлантическими бассейнами, минимальные температуры вод Приуральских акваторий не опускались ниже 17-18°C. На северо-востоке бассейна температура вод поднималась выше 10-12°C эпизодически – в раннем кампане и в конце кампана-маастрихте.

Установлено наличие двух крупных этапов с различными физико-химическими параметрами среды обитания морской фауны (сантон-раннекампанского и терминальнокампанского-маастрихтского).

Сантонское и раннекампанское время характеризуется низкой подвижностью атмосферы и моря. Поздний сантон – время крупной трансгрессии, затем на протяжении раннего кампана площадь морского бассейна уменьшалась. Практически на всей территории бассейна отмечается дефицит кислорода в придонных слоях вод. Термический максимум приходится на раннекампанское время и на начало раннего маастрихта. На восточном побережье установился сухой и жаркий климат и более влажный – на западном. Во второй половине позднего кампана фиксируется начало трансгрессии, продолжавшейся в раннем маастрихте, в результате которой морской бассейн достиг максимальных, за всю мезокайнозойскую историю, размеров. Резко возросла активность водной и воздушной среды. Газовый режим придонных вод был благоприятен для существования оксифильных бентосных организмов. Повысилась температура вод, увеличилось количество атмосферных осадков на восточном побережье и, как следствие, объем терригенного сноса. С началом позднего маастрихта, территория, занятая морем, сократилась, температура вод в центральных и восточных частях бассейна понизилась.

Авторы благодарят за ценные замечания и предложения в ходе выполнения работы А.Л. Бейзеля, Б.Н. Шурыгина, В.П. Алексеева.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 05-05-64780) и благодаря государственной поддержке ведущих научных школ РФ (проект НШ-1569.2003.5)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Амон Э.О. Верхнемеловые радиолярии Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2000а. 209 с.
- Амон Э.О. Морфотипы высших таксонов радиолярий в палеобиогеографических реконструкциях – методология и техника компьютерного моделирования // Радиоляриология на рубеже тысячелетий: итоги и перспективы. Мат-лы 11 семинара по радиоляриям. СПб.-М., 2000б. С. 12-13.
- Амон Э.О. Морские акватории Уральского региона в средне- и поздне меловое время // Геология и геофизика. 2001. Т. 42. № 3. С. 471-483.
- Атлас и объяснительная записка к атласу литолого-палеогеографических карт юрского и мелового периодов Западно-Сибирской равнины в масштабе 1 : 5 000 000. Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1976. 85 с.
- Афанасьева М.С., Амон Э.О., Болтовской Д. Экология и биогеография радиолярий: новый взгляд на проблему. Часть 1. Экология и тафономия // Литосфера. 2005. № 3. С. 31-56.
- Белоусова Н.А., Богомякова Е.Д., Рьлькова Г.Е. Сообщества фораминифер и их распределение в готеривском морском бассейне Западной Сибири // Экология юрской и меловой фауны Западно-Сибирской равнины. Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1981. С. 62-71.
- Булатова З.И., Горбовец А.Н., Кисельман Э.Н. и др. К палеоэкологии меловых и палеогеновых фораминифер и радиолярий Западно-Сибирской низменности // Мат-лы по стратиграфии и палеонтологии. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1967. С. 128-158.
- Верхнемеловые отложения Южного Зауралья (район Верхнего Притоболья) / Отв. ред.: Г.Н. Папулов, В.И. Железко, А.П. Левина. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. 223 с.
- Воронков Ю.С. Меловые отложения восточного склона Приполярного Урала // Геология и нефтегазоносность запада Западно-Сибирской низменности. Л.: Гостоптехиздат, 1959. С. 120-138.
- Галеркина С.Г. Стратиграфия меловых и третичных отложений Березово-Мало-Атлымского района // Там же. С. 139-167.
- Геккер Р.Ф. Введение в палеоэкологию. М.: Госгеолтехиздат, 1957. 126 с.
- Глазунова А.Е., Балахматова В.Т., Липман Р.Х. и др. Стратиграфия и фауна меловых отложений Западно-Сибирской низменности. Л.: ВСЕГЕИ, 1960. 347 с.
- Гольберт А.В. Основы региональной палеоклиматологии. М.: Недра, 1987. 222 с.
- Гольберт А.В., Маркова Л.Г., Полякова И.Д. и др. Палеоландшафты Западной Сибири в юре, мелу и палеогене. М.: Наука, 1968. 150 с.
- Гольберт А.В., Григорьева К.Н., Ильенко Л.Л. и др. Палеоклиматы Сибири в меловом и палеогеновом периодах. М.: Недра, 1977. 106 с.
- Еремеева А.И., Белоусова Н.А. Стратиграфия и фауна фораминифер меловых и палеогеновых отложений восточного склона Урала, Зауралья и Северного Казахстана // Мат-лы по геологии и полезным ископаемым Урала. М.: Госгеолтехиздат, 1961. С. 3-190.
- Захаров В.А., Бейзель А.Л., Зверев К.В. и др. Стратиграфия верхнемеловых отложений Северной Сибири (разрез по р. Янгоде). Новосибирск: СО АН СССР, 1989. 70 с.
- Захаров В.А., Занин Ю.Н., Зверев К.В. и др. Стратиграфия верхнемеловых отложений Северной Сибири (Усть-Енисейская впадина). Новосибирск: СО АН СССР, 1986. 82 с.
- Захаров В.А., Боден Ф., Дзюба О.С. и др. Изотопные и палеоэкологические свидетельства высоких палеотемператур в кимеридже Приполярного Урала // Геология и геофизика. 2005. Т. 46. № 1. С. 3-30.
- Кисельман Э.Н. Микрофаунистические зоны ганкинской свиты Западно-Сибирской низменности // Мат-лы по палеонтологии и стратиграфии Западной Сибири. Л.: Гостоптехиздат. 1960. С. 176-188.
- Кисельман Э.Н. Расчленение верхнесенонских отложений Западно-Сибирской низменности по форамини-

ферам (верхняя часть верхнего кампана, маастрихт) // Мат-лы по стратиграфии и палеонтологии Сибири. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1969. С. 116-125.

Кукал З. Скорости геологических процессов. М.: Мир, 1987. 246 с.

Маринов В.А., Амон Э.О., Дзюба О.С. основные черты палеогеографии Западно-Сибирского морского бассейна в сеноне // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Мат-лы Третьего всерос. совещ. Саратов: СО ЕАГО, 2006. С. 91-92.

Маринов В.А., Соболев Е.С. Новые данные по стратиграфии верхнего мела Усть-Енисейского района (север Западной Сибири) // Палеонтология, стратиграфия и палеогеография бореального мезозоя. Новосибирск: Гео, 2006. С. 22-24.

Найдин Д.П. Изотопные палеотемпературные определения по белемнителидам // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1965. Т. 40. № 6. С. 147-148.

Нейман В.Б. Теория и методика палеотектонического анализа. М.: Недра, 1974. 186 с.

Папулов Г.Н. Меловые отложения Урала. М.: Наука, 1974. 202 с.

Подобина В.М. Фораминиферы верхнего мела северо-восточных районов Западной Сибири, их биогеографические связи, значение для стратиграфии и палеогеографии // Мат-лы по стратиграфии и палеонтологии Западной Сибири. Томск: Томский госуниверситет, 1974. С. 100-121.

Подобина В.М. Биостратиграфия и корреляция разнофациальных отложений палеоцена Западной Сибири и других провинций Северного полушария // Вопросы геологии Сибири. Вып. 2. Томск: Томский госуниверситет, 1994. С. 36-43.

Подобина В.М. Фораминиферы и биостратиграфия верхнего мела Западной Сибири. Томск: НТЛ, 2000. 388 с.

Подобина В.М., Ксенева Т.Г. Фораминиферы пограничных отложений мела, палеогена Усть-Тымской впадины (Томская область) // Мат-лы по палеонтологии и

стратиграфии Западной Сибири. Томск: Томский госуниверситет, 1992. С. 76-80.

Подобина В.М., Ксенева Т.Г., Татьяна Г.М. Палеоэкология кампан-маастрихтских фораминифер Западной Сибири // Микропалеонтология в России на рубеже веков. Мат-лы XIII Всерос. микропалеонтолог. совещ. М.: Геос, 2005. С. 52-53.

Пояркова З.Н. Двустворки (тригонииды) // Верхнемеловые отложения Южного Зауралья. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. С. 106-115.

Проливы Северного полушария в мелу и палеогене / Отв. ред. Е.Ю. Барабошкин, М.: Изд-во МГУ, 2007. 182 с.

Решение 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири. Меловая система. Новосибирск: СНИИГГиМС, (в печати).

Рычкова И.В. Палеогеография юго-восточной части Западно-Сибирской равнины в позднем мелу // Эволюция жизни на Земле. Мат-лы III Междунар. симпозиум. Томск: НТЛ, 2005. С. 208-210.

Саркисян С.Г., Процветалова Т.Н. Палеогеография Западно-Сибирской низменности в раннемеловую эпоху. М.: Наука, 1968. 80 с.

Турбина А.С. Пластинчатожаберные моллюски морских меловых отложений // Биостратиграфия мезозойских и третичных отложений Западной Сибири. Л.: Гостоптехиздат, 1962. С. 198-206.

Фораминиферы меловых и палеогеновых отложений Западно-Сибирской низменности / Под ред. Н.Н. Субботиной. Л.: Недра, 1964. 456 с.

Gradstein F.M., Ogg J.G., Smith A.G., et al. A new geologic time scale with special reference to Precambrian and Neogene // Episodes. 2004. V. 27. № 2. P. 83-100.

Haq B.U., Hardenbol J., Vail P.R. Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change // Sea-level changes: An integrated approach / Eds. C.K. Wilgus et al. Soc. Economic Paleontologists Mineralogists. Tulsa, Oklahoma. 1988. Spec. Publ. 42. P. 71-108.

Рецензент доктор геол.-мин. наук В.П. Алексеев