Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
1988, т. 115

УДК 551.33:551.793(470.2)

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ СООТНОШЕНИЕ РЕЛЬЕФООБРАЗУЮЩИХ И СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ЦИКЛОВ В ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Э.Л.КАМЕНЕЦКАЯ, И.И.ГРУШЕВСКИЙ

Проблема надежного расчленения толщи четвертичных отложений северо-западной части Европейской России в настоящее время стоит особенно остро в связи с постановкой геологической съемки масштаба 1:50 000 и поисками минерального сырья, необходимого для народного хозяйства. В связи с этим для выделения в разрезе и распознавания по площади синхронных геологических тел должны быть проанализированы с использованием объективных методов большинство разрезов.

Последние годы в практику геолого-съемочных работ внедряется циклостратиграфический метод, базирующийся на комплексном использовании различных видов литологического анализа. Этот метод, благодаря массовому опробованию изучаемых разрезов и последующей обработке огромного объема аналитического материала методами математической статистики на ЭВМ, исключает субъективный подход к вопросам расчленения и позволяет с наибольшей точностью строить геологические карты. Использование циклостратиграфического метода в сочетании с геоморфологическими исследованиями изучаемой территории помогает решить корреляционные задачи.

Разрез четвертичных отложений Калининградской области представляет собой отчетливое чередование алевритоглинистых и песчаных слоев. Плохо сортированные супеси и суглинки обычно сменяются песками различной степени сортированности, глинами и алевритами. Закономерно повторяющиеся литологические разности образуют сложно построенную циклическую толщу. Такое строение толщи четвертичных отложений указывает на повторяемость во времени событий, характеризующихся близкими условиями седиментации.

Учитывая тот факт, что в плохо сортированных отложениях на территории Калининградской области практически не встречены органические остатки и, наоборот, многочисленные их находки обнаруживаются в хорошо сортированных "зрелых" песках различной крупности, можно говорить о двучленном строении каждого цикла, о существовании этапов похолодания и потепления.

Хорошо сортированные, "зрелые" осадки являются продуктом длительного перемещения, переработки осадков нижней части цикла, в которой должен отражаться вещественный состав основной области питания. Как показывает анализ вещественного состава на всех уровнях геологической организации тел в пределах Калининградской области, питающей провинцией для отло-

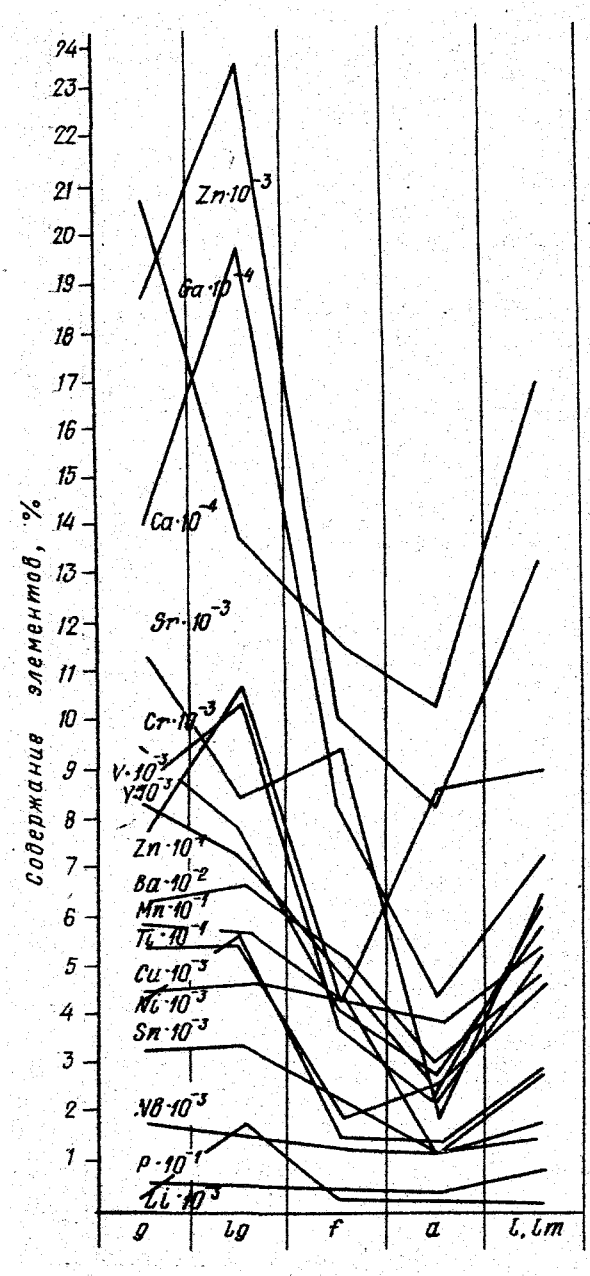


Рис.1. Зависимость средних содержаний элементов от фациальной обстановки

g, lg, f, a, l, lm – соответственно ледниковые, озерно-ледниковые, флювиогляциальные, аллювиальные, озерные и лагунные отложения

жений «холодной" части цикла была Фенноскандия. Таким образом, границы между циклами являются и временными границами, и их следует проводить по кровле «зрелых" осадков, представляющих собой материал перестложения осадков нижней части цикла. Эта идея уже неоднократно высказывалась ранее [2].

В результате перехода от регионального к детальному картированию был накоплен достаточно богатый материал по изучению стратиграфии четвертичных отложений и геоморфологии Калининградской области. Изучение стратиграфии сопровождалось исследованием вещественного состава отложений, расчленением их на седиментационные циклы и поисками методов их распознавания. В основу исследования легли два положения:

1) «зрелость" осадков седиментационного цикла растет от его подошвы к кровле и находит свое отражение в гранулометрической структуре осадка (повышается степень сортированности) и в вещественном составе (повышение содержания устойчивых компонентов);

2) поверхность денудационного среза в области питания (Фенноскандии) опускается и, таким образом, в седиментационный процесс вовлекаются новые горизонты.

Перечисленные представления о вещественно-структурной организации четвертичных отложений дали основание для постановки следующих задач:

1) расчленить толщу четвертичных отложений на седиментационные циклы;

2) выявить закономерности в формировании выделенных геологических тел;

3) реконструировать условия осадконакопления.

Результаты опробования четвертичных отложений Калининградской области на гранулометрический, минералогический и полуколичественный спектральный анализы позволили выявить однородные образования по их динамическим параметрам (коэффициенту сортированности и медианному диаметру), составить массивы данных элементного состава по каждой литологической разности для машинной обработки по программам DISCAN, DISANS, DELAN и др. Коэффициенты парной корреляции позволили выявить знак и силу связи между элементами и определить поведение всех элементов в каждой литологической группе, являющейся отражением определенной фациальной обстановки. Графики изменения средних значений элементов для каждой фациальной группы (рис.1) обнаружили следующие основные закономерности в поведении элементов:

1) содержание элементов кобальта, никеля, галлия, иттрия, титана и ванадия резко снижается в "зрелых" осадках, приуроченных к верхней части цикла (песках с высокой степенью сортированности, отражающей либо межледниковые этапы накопления осадков речного и озерного генезиса, либо стабилизацию режимов морских бассейнов);

2) содержание таких элементов как хром, германий, серебро и др. увеличивается в подошве верхних частей циклов, соответствующих времени резкой смены условий осадконакопления.

Вывод о том, что содержания подвижных элементов резко уменьшаются лишь в "зрелых" осадках, отражающих эпоху потепления, подтверждается при сопоставлении результатов вещественно-генетического расчленения с результатами расчленения на основе палеофитологических определений. Так, одной из скважин, пробуренной в бассейне р.Преголя, минимальные значения элементов отмечаются в хорошо сортированных песках в интервале 39,2-43,1 м, которые палинологи относят к лихвинскому времени (рис.2). Наличие межледниковья в этом интервале было установлено на основе циклостратиграфического метода задолго до получения результатов спорово-пыльцевого и диатомового анализов. Интересно отметить, что кровля и подошва лихвинского горизонта контролируется всплесками значений хрома.

В целях интенсификации работ по расчленению разрезов на седиментационные циклы кривая распределения суммы лидирующих подвижных элементов может быть получена с помощью ЭВМ, по программам DIDAY, DIAGRAMM (графопостроитель). После этого геолог только интерпретирует полученные данные.

Корреляция выделенных седиментационных циклов зависит от многих факторов. Необходимым условием является правильный статистический отбор проб. Опыт показал, что единичные образцы из конкретного разреза не позволяют уловить различий в выделяемых при расчленении седиментационных циклов [3]. Поэтому коррелятивные признаки на вещественно-генетическом уровне изучения

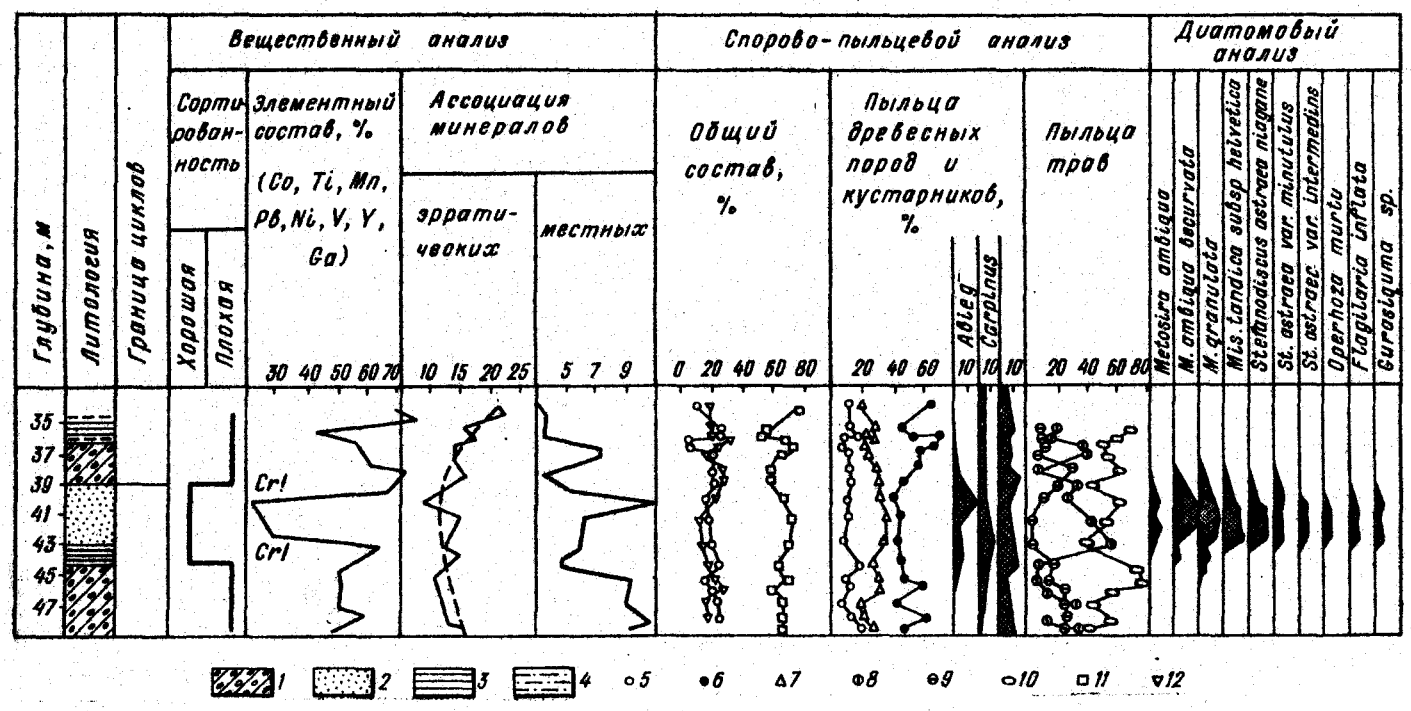


Рис.2. Сопоставление результатов расчленения опорного разреза по вещественно-генетическому принципу и палеофитологическому методу

1 - супеси, суглинки; 2 - пески; 3 - глины; 4 - пески пылеватые; 5 - береза (p. Betuta); 6 - сосна (p. Pinus); 7 - ель (p. Picea); 8 - луговое разнотравье; 9 - злаки; 10 - осоки; 11 - споры плавунов (Lycopodiaceae); 12 - споры сфагновых мхов (Sphagnum)

следует искать, во-первых, с помощью массовых выборок, привязанных к наиболее характерным, узким интервалам геологического разреза и взятых из различных его частей. Во-вторых, для распознавания этих выборок (массивов) необходимо применение математических методов обработки на ЭВМ. И, наконец, выделенные седиментационные циклы должны быть привязаны к геохронологической шкале. Присвоение возраста циклу (или частям циклов) возможно при наличии одного-двух опорных разрезов, для расчленения которых применялся наряду с циклостратиграфическим биостратиграфический метод.

Решающую роль при корреляции седиментационных циклов играют геоморфологические исследования. Особенно это касается районов с низкими абсолютными отметками. В пределах таких районов нельзя говорить о преобладающей роли ледников в осадконакоплении. Несомненно, что прибрежные территории с низкими отметками, характерными для всей северной части Калининградской области, подвергались неоднократному затоплению водами Балтийского бассейна. В случае выявления морских и речных террас на изучаемой площади корреляция седиментационных циклов возможна лишь после установления границ палеобассейнов, выявленных в процессе геоморфологического картирования.

Непрерывное геоморфологическое дешифрирование крупномасштабных аэрофотоснимков северной части Калининградской области показало, что она осложнена системой террас, отражающих этапность плейстоценовой и голоценовой истории геологического развития этой территории. Благодаря детальному исследованию удалось проследить последовательность образования как форм, так и ребер и граней рельефа, ограничивающих эти формы. В первую очередь это относится к геоморфологическим формам, выраженным в современном рельефе, развитие которого происходило в два этапа.

Первый - этап нисходящего развития рельефа - соответствует геологическому отрезку времени накопления „покровного" комплекса. Сформированные в это время формы рельефа наблюдаются в основном только в ископаемом состоянии и могут быть „реставрированы" только по материалам бурения или искусственных карьеров. Второй - этап восходящего развития рельефа - приурочен ко времени формирования осадков „вложенного" комплекса.

„Покровный" комплекс представляет собой сложно построенную толщу, которая состоит из трех ступеней: позднеплиоцен-окской, окско-днепровской и днепровско-московской. Нижняя его граница проводится по подошве осадков, перекрывающих поверхность выравнивания, созданную в плиоцене на породах мела и палеогена. В региональном плане эта граница достаточно четкая.

Нахождение границ и установление возраста циклов внутри „покровного" комплекса производилось с помощью двух основных методов: биостратиграфического и циклостратиграфического. Применение биостратиграфического метода весьма ограничено из-за повсеместно встречаемых „немых" толщ, и он используется при наличии наиболее полных (опорных) разрезов. Подавляющее большинство разрезов были расчленены по вещественному составу на седиментационные циклы и сопоставлены с опорными разрезами, что дало возможность установить их возраст.

Самые молодые образования «покровного" комплекса на территории Калининградской области относятся к московскому горизонту среднего плейстоцена, на поверхности они образуют «островные" возвышенности, характерные для северной половины области. Как показали исследования, именно эти возвышенности, сложенные московской мореной, являются той «стенкой", к которой приставлена «лестница" террас.

«Вложенный" комплекс слагают образования нескольких морских и речных террас, полностью идентичных комплексу «нижних" террас латвийского побережья Балтики [I]. Исключение составляют образования береговой зоны, формирующиеся в условиях лагуны, отчлененной от моря Куршской косой.

Принципиально новым для правильного понимания истории образования современного рельефа области явилось установление четких чередований аллювиальных террас с аккумулятивными равнинами, созданными разновозрастными водоемами. Для всех реликтовых поверхностей был четко выдержан принцип: каждая последующая прислонена к предыдущей. Такие взаимоотношения придают определенную жесткость стратиграфическим построениям.

Циклы рельефообразований любого порядка начинаются с расчленения рельефа и накопления относительно плохо сортированных толщ пород, а заканчиваются планацией рельефа, сопровождающейся аккумуляцией осадков с высокой степенью сортированности. Это в равной мере относится к самым крупным циклам: мегациклам, в том числе и к далекому от завершения альпийскому, макроциклам, ранне- и позднеальпийскому, позднеплиоцен-четвертичному циклу, представляющему предмет исследований.

Позднеплиоцен-среднеплейстоценовый и верхнеплейстоцен-голоценовый этапы рельефообразования этого цикла состоят из подциклов. «Покровный" комплекс отвечает позднеплиоцен-среднеплейстоценовому этапу рельефообразования и состоит из трех подциклов, соответствующих ледниковым и межледниковым эпохам нижнего и низов среднего плейстоцена.

Верхнеплейстоцен-голоценовый (восходящий) этап рельефообразования состоит из четырех подциклов: московско-калининского, калининско-осташковского, осташковско-раннеголоценового (позднеледникового) и голоценового (послеледникового).

Следует отметить, что границы выделенных подциклов несколько не совпадают со стратиграфическими границами. Причиной этому является, по-видимому, неоднородность рельефообразующего влияния ледниковых эпох. Начало цикла рельефообразования падает на конец ретрогляциальной фазы, сопровождающейся явлениями изостазии, определяющими эрозионный врез.

Олигоцен-нижнеплиоценовый цикл рельефообразования закончился формированием поверхности выравнивания на породах мела и палеогена. Новый позднеплиоцен-четвертичный цикл начался с расчленения этой поверхности. Оно ознаменовалось врезом долин, которые в настоящее время имеют глубину до 120-200 м ниже уровня моря. В доледниковую эпоху в долинах была сформирована аккумулятивная поверхность, соответствующая УI надпойменной террасе современных рек.

Позднеплиоцен-окский подцикл завершился кратковременной трансгрессией (даумантайская толща), но врез не был полностью компенсирован. Цикло-

стратиграфическим методом установлено существование осадков этого времени только в глубоких палеодолинах, которые после отступления окского ледника остались выраженными в рельефе.

Окско-днепровский подцикл начался с нового вреза долин, которые сегодня имеют отметки дна от -70 до -100 м. В начале лихвинского межледниковья в них заканчивается формирование аккумулятивной поверхности, соответствующей площадке У надпойменной террасы современных рек района, и происходит ее размыв и захоронение под осадками Гольштейнского моря. Созданная им аккумулятивная равнина была в свою очередь полностью перекрыта мореной днепровского оледенения.

Начало заключительного днепровско-московского подцикла рельефообразования нисходящего этапа развития рельефа ознаменовалось врезом долин глубиною 30-50 м ниже современного уровня моря. Этот врез падает на конец максимального оледенения, и не исключено, что в заполнении долин принимали участие водно-ледниковые осадки, слагающие русловые фации аллювия IУ надпойменной террасы. Формирование ее площадки закончилось в начале межледниковья, осадки которого повсеместно установлены циклостратиграфическим методом.

Начавшаяся затем трансгрессия завершилась в одинцовское межледниковье формированием аккумулятивной равнины, под осадками которой были погребены как старые, так и вновь образованные долины. Эта равнина была погребена в свою очередь под отложениями московской морены. В заключительной стадии московского оледенения почти вся территория Калининградской области оказалась покрытой озерно-ледниковым водоемом, в котором, возможно, в подледных условиях накапливались „красные" глины. Отложения этого бассейна залегают на морене с размывом. С концом существования рассматриваемого бассейна связано, по-видимому, завершение нисходящего позднеплиоцен-среднеплейстоценового этапа развития рельефа Калининградской области.

Верхнеплейстоцен-голоценовый (восходящий) этап рельефообразования начался устойчивым поднятием территории, которое продолжалось до голоцена. Это поднятие носило дифференцированный характер: унаследованные прогибы несколько отставали, а локальные поднятия опережали общее воздымание. Последние проявлялись и продолжают проявляться особенно интенсивно в районе Балтийской гряды, являющейся не аккумулятивной, а построенной (тектонической) формой рельефа.

Вложенные в современный рельеф аккумулятивные образования верхнеплейстоцен-голоценового этапа формировались попарно: подцикл начинался с заложения речных террас и заканчивался трансгрессией, в результате которой формировалась озерно-ледниковая терраса. В московско-калининском подцикле рельефообразования были сформированы III надпойменная терраса и озерно-ледниковая аккумулятивная равнина (абсолютная отметка 16 м), в калининско-осташковском подцикле - II надпойменная речная терраса и озерно-ледниковая терраса (абсолютная отметка 8 м), в осташковско-раннеголоценовом подцикле - I надпойменная речная терраса и морская терраса (абсолютная отметка 3,2 м).

Послеледниковый (голоценовый), далекий от завершения подцикл рельефообразования, начался глубоким (15-30 м) врезом высокой поймы, после которого установился стабильный трансгрессивный режим развития Балтийского моря. В результате все береговые, собственно морские, образования этого отрезка времени находятся ниже современного уровня моря [1]. Исключение составляют поверхности, формирующиеся в условиях лагуны (Куршский залив), отчлененной от моря Куршской пересыпью.

Выводы

Рассмотренные выше циклы рельефообразования подтверждаются исследованиями их на вещественно-генетическом уровне. Статистическая обработка массивов мореноподобных и моренных отложений с целью их идентификации показала, что отложения древних ледников нижнего и среднего плейстоцена являлись исходным материалом при образовании осадков верхнеплейстоцен-голоценового этапа. Несмотря на сложность седиментационной обстановки, которая выражалась в периодической смене континентальной и водной среды осадконакопления, двучленное строение седиментационных циклов сохраняется как для ледниковых, так и для бассейновых условий их образования. При этом в верхнеплейстоцен-голоценовом этапе каждый седиментационный цикл начинается с эрозионного вреза и привноса из области питания незрелого осадочного материала, подготовленного на завершающейся стадии предыдущего седиментационного цикла, а завершается выравниванием территории и накоплением „зрелого" осадка, отличающегося низким содержанием наиболее подвижных элементов. В целом, седиментационные циклы соответствуют рассмотренным выше подциклам рельефообразования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев Б.Л., Данилов И.Д., Недешева Г.Н., Смирнова Т.Н. История геологического развития Прибалтики в плиоцен-четвертичное время. Рига, Зинатне, 1979.

2. Гайгалас А.И. Гляциоседиментационные циклы плейстоцена Литвы. Вильнюс, Мокслас, 1979.

3. Одесский И.А., Астафьев Н.Ф., Каменецкая Э.Л., Гуревич Г.И. Циклостратиграфический метод расчленения четвертичных отложений в областях оледенения. - В кн.: Палеогеография и полезные ископаемые плейстоцена севера Европы. Л., изд. ВГО СССР, 1986.