

## ПРОБЛЕМЫ ЛИТОЛОГИИ ПЛЕЙСТОЦЕНА. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВА НОВЕЙШИХ ОТЛОЖЕНИЙ

Н.Г. Судакова

Изучение закономерностей плейстоценового литогенеза имеет важное палеографическое и практическое значение. Использование дополнительных литологических резервов повышает обоснованность и надежность стратиграфических и палеографических построений, делает возможной площадную литологическую корреляцию маркирующих горизонтов, дает ключ к установлению ритмических и направленных тенденций развития ледниковых и межледниковых палеогеографических событий. Вещественный состав отложений является объектом самостоятельного исследования, имея собственные преимущества и приоритеты при решении некоторых палеографических и стратиграфических задач, например, присущую только ему способность к реконструкциям источников сноса, направления и путей следования потоков вещества.

Выдающийся геолог и литолог XX столетия Е.В. Шанцер разрабатывал многие теоретические и методические аспекты четвертичной геологии и литологии. Среди его разнообразных научных интересов особое место занимает учение о генетических типах континентальных осадочных образований, которое является основой всех литологических исследований [1966]; при этом он с пониманием оценивал важность изучения вещественного состава осадков – наименее изученную область литологии. Важное значение придавалось им методическим вопросам и классификациям, основанным на генетических принципах. Большое внимание уделялось аллювиальным и ледниковым отложениям. К последним Е.В. Шанцер относился с особым пристрастием. Он внес значительный вклад в исследование структуры, текстур и литологии ледниковых отложений.

К настоящему времени значительно продвинут поиск закономерностей литогенеза и вещественного состава отдельных формаций, таких как: ледниковая [Рухина, 1973; Лаврушин, 1976, 1980; Лаврушин, Ренгартен, 1974; Астапова, 1978; Судакова, 1990; Андреичева, 1992 и др.], перигляциальная и криогенная [Попов, 1979; Конышев, 1981; и др.], лессово-почвенная [Кригер, 1965; Величко и др., 1997], межледниковый ком-

плекс [Ренгартен, 1971; и др.]. Вместе с тем, сами теоретические основы литогенеза испытывают дефицит обобщений, которые отражали бы общие особенности и закономерности плейстоценового литогенеза и тенденции его развития во времени. Очевидно, что для литогенеза квартера, отличающегося изменчивостью палеогеографических обстановок, должны быть выработаны свои представления о закономерностях литогенеза, которые более адекватно отражали бы ландшафтно-зональную специфику и её динамическое развитие во времени.

Следует также заметить, что пространственные и временные сопоставления показателей вещественного состава затруднены из-за недостаточности репрезентативного материала и имеющегося методического разнообразия в получении аналитических данных, а также из-за отсутствия единых принципов сопоставления. Это требует дополнительных методических исследований.

Главная задача настоящей сводки – обозначить основные закономерности формирования состава плейстоценовых отложений, выявить тенденции пространственной и возрастной изменчивости показателей в связи с палеогеографическими обстановками литогенеза.

В основу обобщений положен накопленный массовый материал по строению и составу плейстоценовых отложений из опорных и стратотипических разрезов Русской равнины. Особенности эволюции литогенеза рассмотрены на примере таких ярких представителей зонального типа как ледниковый и перигляциальный, – наиболее благоприятных для установления ритмики палеогеографических событий. При этом использованы традиции комплексного палеогеографического анализа [Итоги..., 1987] и новые разработки литологических методов (статистическая оценка достоверности, корреляционный анализ). Применительно к особенностям плейстоценового литогенеза оказалось необходимым дополнить и конкретизировать некоторые положения общей теории литогенеза и подкрепить их специальными разработками. В этой связи развиваемая палеогеографическая концепция литогенеза [Судако-

ва, 1990, 2000, 2004] дает свои преимущества для объективной и более эффективной интерпретации литологических данных, позволяя избежать побочных ошибок. Комплексные палеогеографические исследования выявили весомый вклад литологии в решение актуальных стратиграфических и палеогеографических задач, прежде всего, таких как диагностика и корреляция разновозрастных ледниковых комплексов, реконструкция ледниковой ритмики, воссоздание структуры, динамики и границ распространения ледниковых покровов, расшифровка происхождения и условий формирования покровных лёссовидных суглинков. В соответствии с разработанными принципами и критериями комплексного литологического анализа систематизирован обширный репрезентативный материал по вещественному составу плейстоценовых отложений.

Для обоснования возможности использования литологического анализа в стратиграфических и палеогеографических целях на основе закономерностей пространственной и возрастной изменчивости состава потребовалось под единым углом зрения рассмотреть теоретические предпосылки и особенности плейстоценового литогенеза, а также рациональную стратегию и приемы комплексного литолого-минералогического анализа, его возможности и эффективность при решении тех или иных палеогеографических задач, ограничения и преимущества.

Теоретический фундамент литолого-палеогеографического исследования составляет, общая теория литогенеза, созданная Н.М. Страховым [1963], в которой рассматривается развитие литогенеза в глобальном масштабе в пространстве и во времени. Всеобъемлющая идея о климатически и геологически обусловленных типах литогенеза, нашедшая дальнейшее развитие в концепции географической зональности литогенеза, оказалась весьма плодотворной для становления палеогеографического направления литологических исследований. Однако, очевидно, что эти постулаты применительно к плейстоценовому литогенезу должны быть дополнены представлениями о фациально-генетическом разнообразии новейших отложений (особенно континентальных), о территориальной изменчивости состава отложений в связи с неоднородностью питающих провинций, о ландшафтно-зональной зависимости их свойства и состава.

Любое исследование новейших отложений неизбежно связано с фациально-генетическим анализом осадков. В основе учения о генетических типах отложений, разработанных Е.В. Шанцером [1966], лежит динамико-генетический подход. Показательный пример развития этого направле-

ния дан в области изучения ледниковых отложений [Лаврушин, 1976].

Важной предпосылкой литолого-палеогеографического анализа является учение о терригенно-минералогических провинциях осадочных пород [В.П. Батулин, 1947], позволяющее улавливать пространственные закономерности изменения состава и его связь с питающимися провинциями. В традициях этого направления проводятся исследования различных четвертичных отложений: аллювиальных, ледниковых, лёссовых, морских. В плане дальнейшего развития этого направления можно рассматривать предложенное нами районирование ледниковой области по типу ледниковых питающих провинций на фоне структуры и динамики ледникового покрова.

В отношении феноменальной природной ситуации плейстоцена руководящей идеей её познания стала выдвинутая К.К. Марковым [1960] парадигма направленного и ритмического развития природного комплекса, проявляющегося, как выяснилось, и в составе разновозрастных отложений. Эти тренды в развитии компонентов природы, включая морфолитогенную основу, находят прямое подтверждение при исследовании литологии опорных разрезов в различных палеогеографических обстановках Евразии и Антарктиды [Разрез ..., 1973; Разрезы отложений, 1977; Бардин, Судакова, 1978; и др.].

Литогенную основу палеогеографических (ПГ) реконструкций в соответствии с общей теорией литогенеза перспективно рассматривать в качестве самостоятельной геосистемы – литосистемы, обладающей чертами структурной целостности при взаимодействии внутренних и внешних факторов [Судакова, 1990].

Фундаментальное значение для ПГ реконструкций имеет научно-обоснованная классификация литогенеза, отражающая сложную структуру причинно-следственных связей, строгая систематизация которых составляет первостепенную задачу. Будучи важным объектом ПГ реконструкций существующие классификации отложений адресно раскрывают лишь определенные аспекты литогенеза. Так, Н.М. Страховым [1963] разработана всеобъемлющая классификация климатически обусловленных типов литогенеза в глобальном масштабе. Широкое признание получила также известная классификация генетических типов отложений Е.В. Шанцера [1966]. Однако, для целенаправленных ПГ реконструкций возникает необходимость в проведении объединенной типизации литогенной основы одновременно по ряду признаков. Предлагается комплексное решение этой проблемы на двусторонней основе.

Фашия ↓ II	Климатически обусловленные зональные типы литогенеза	Фашиально-генетические ряды							
		Ледниковый	Склоновый	Речной	Озерный. болотный	Эоловый	Алювиальный**	Полигенетические	
								лессовидные суглинки	лѣсы
1. Ледовый		1	2	3	4	5			
2. Перигляциальный			2	3	4	5	6		
3. Мерзлотный			2	3	4	5	6	1	
4. Гумидный*			2	3	4	5	6		
5. Семигумидный*			2	3	4	5	6	1	
6. Аридный и семиаридный*			2	3	4	5	6	1	

Примечание: \* — с более дробной зональной дифференциацией; \*\* — в том числе почвообразование.

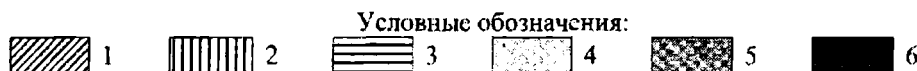


Рис. 1. Типизация новейших континентальных отложений по фашиально-генетическим (I) и ландшафтно-зональным (II) обстановкам.

Проявления зональной зависимости генотипов: 1 — четкая зональная приуроченность, 2 — полизональные, 3 — зональная специфика вещественного состава; категории литотипов по сортированности и устойчивости состава (зрелости спектров): 4 — полимиктовые, 5 — мезомиктовые, 6 — олигомиктовые.

На рисунке 1 представлена оригинальная классификационная матрица, совмещающая генетические и типологические свойства отложений. Их соотношение образует разногенетические литосистемы зонального и аazonального типов. В зональном ряду плейстоценовых образований следует особо выделить ледниковый и перигляциальный феномены, сформировавшие уникальные морфолитосистемы, которые в древнеледниковой области оказывали сильное влияние на последующее развитие природной среды. Именно поэтому детальный анализ ледниковых и лессовидных образований отнесен к числу приоритетных задач и данной работы. При этом с введением дополнительных критериев (например, дифференциация осадков по устойчивости состава) открывается возможность перекрестного сопоставления различных особенностей литогенеза: фашиальных, зонально-географических, провинциально-геологических и палеогеографических.

Что касается пространственных закономерностей литогенеза, то более всего обоснована климатически обусловленная зональность состава коры выветривания, морских, аллювиальных, субаэральных, ледниковых и криогенных отложений. Особенности осадочной дифференциации вещества отмечены и для разных фашиально-генетических обстановок. Установлено, что состав отложений фашиально-генетических разностей формируются в тесной связи с особенностями питающих провинций.

Разработка оригинальной универсальной классификации литогенной основы способствует системной организации главного объекта палеогеографических исследований, что повышает эффективность самих реконструкций и дальнейших прогнозных оценок.

Палеогеографический анализ новейших отложений свидетельствует о том, что закономерности литосостава, обусловленные зональными и аazonальными факторами литогенеза, а также воз-

растные изменения несомненно проявляются и поддаются количественному учету, а значит могут и должны быть использованы в стратиграфических и палеогеографических целях. Эффективность и корректность палеогеографических и стратиграфических построений на литологической основе зависит, прежде всего, от последовательности проведения палеогеографического системного подхода. Комплексный палеогеографический метод, ставя себе на службу отраслевые методы (такие как литологический, палеоботанический, палеофаунистический, палеомагнитный, палеогеоморфологический, палеопедологический), решает задачи палеогеографических реконструкций природного комплекса и тесно переплетающиеся с ними генетические и стратиграфические вопросы. Здесь они смыкаются с теми же задачами, которые призваны решать и литологические методы. Поэтому неправильно было бы рассматривать литологическую методику в качестве отраслевого метода палеогеографии, помогающего воссоздавать исключительно особенности литогенеза. На самом деле, палеогеографические функции литологии шире, так как на основе литологического исследования возможны, как явствует из многочисленных исследований, реконструкции не только процессов, но и совокупности условий, в том числе палеоклимата, динамики рельефа, тектонического режима территории, обстановки древних оледенений, их структуры и динамики, а также стратиграфические построения.

Всестороннее раскрытие сущности осадочной фации – этого многопланового палеогеографического и литологического объекта [Крашенинников, 1971] – наилучшим образом обеспечивает методика сопряженного литологического анализа [Руководство..., 1976; Итоги..., 1987]. Сопряженная методика разрабатывается применительно к трем основным задачам: а) фациально-генетического разграничения отложений; б) стратиграфического расчленения и корреляции горизонтов; в) палеогеографических реконструкций. Комплексный сопряженный палеогеографический анализ базируется на совместном использовании общих и частных методов. Литологический анализ занимает в этом ряду ответственные позиции. Накопленный многолетний опыт литолого-палеогеографических исследований в различных природных обстановках положен в основу сводной информационного графика по применению литологических методов. Рисунок 2 наглядно демонстрирует неодинаковую фациально-генетическую, географическую, геологическую и стратиграфическую информативность не только

отдельных методических приемов и обобщающих показателей состава, но и целых групп методов. Индивидуальна разрешающая способность методических приемов и по отношению к конкретным задачам реконструкций.

В целях оптимизации комплексного литологического анализа при литологических сопоставлениях необходимо соблюдать ряд методических принципов: а) единства питающих провинции в связи с различной геологической наследственностью состава; б) единого происхождения отложений в связи с разнообразием фациально-генетической обстановок литогенеза; в) дифференциации минералого-петрографических спектров по устойчивости в зависимости от ландшафтно-климатических условий осадкообразования и гипергенеза.

Руководящим принципом правомерности литологической сопоставимости служит принцип единства питающих провинций, обеспечивающий региональный контроль над пропорциями материала удаленного, транзитного и местного происхождения, участвующего в осадконакоплении. Этот принцип реализуется при проведении целевого литолого-палеогеографического районирования территории по типу питающих провинций, которое служит теоретическим обоснованием корректности литологической корреляции отложений и является действенной мерой для выявления возможностей площадной сопоставимости литогенной основы в связи с пространственной изменчивостью питающих провинций. Важным итогом межведомственного сотрудничества в рамках литологической школы явилось создание карты литорайонов Восточно-Европейской равнины, выполненной по единой методике (рис. 3). Разработана конкретная программа и правила районной и межрайонной литологической корреляции плейстоценовых отложений [Судакова, 1990; Sudakova etc, 1995]. Региональный анализ фактического материала подтверждает целесообразность и необходимость широкого внедрения районирования в практику исследований [Андреичева и др., 1997].

Особое место в наших исследованиях занимает литогенез Русской равнины – классической древнеледниковой области, где решаются принципиальные, но все ещё дискуссионные вопросы ледниковой стратиграфии и палеогеографии, связанные с множественностью оледенений, структурной и динамикой разновозрастных покровов и их границами, расчленением ледникового комплекса и корреляцией маркирующих горизонтов морен. Как показали многолетние комплексные исследования, тщательный анализ вещественного состава самих морен является ценным

<p style="text-align: center;">М Е Т О Д Ы , В И Д Ы А Н А Л И З А И П Р И Е М Ы И С С Л Е Д О В А Н И Я</p>			З А Д А Ч И						
			Генезис	Питающие провинции	Палеогеографические реконструкции			Стратиграфические построения	
					структура ледникового покрова	направление движения потоков	динамика и активность среды	расчленение	корреляция
ОБЩИЕ	Сравнительно-географический	1							
	Геологический	2							
	Фациально-генетический	3					⊕	⊕	
	Актуалистический	4							
	Естественно-исторический	5							
Ч А С Т Н Ы Е ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ АНАЛИЗЫ	Геоморфологический	6					⊕		
	Картографический	7		⊕	⊕				
	Дистанционные: космический, аэрофотометрический	8			⊕	⊕		⊕	
	Криолитологический	9	⊕					⊕	
	Текстур	10							
		Физико-механических свойств	11	⊕				⊕	
		Гранулометрический	12		⊕	⊕			
	Комплексный минералогический <i>шлифов с ненарушенной структурой, терригенных и аутигенных минералов, глинистых минералов (рентгеноструктурный, электронмикроскопический)</i>	13	а	⊕			⊕		⊕
			б						
			в				⊕		
		Комплексный анализ обломков	14						
	морфоскопический морфометрический петрографический ориентировки	а б в г	а	⊕				⊕	
			б					⊕	
			в						
			г						⊕
	Геохимический	15	а		⊕				⊕
б						⊕			
Математические методы	16	а		⊕		⊕			
		б		⊕				⊕	
		в		⊕					

⊕ 1   
⊗ 2   
 3

Рис. 2. Информативность методов комплексного литологического анализа при решении палеогеографических и стратиграфических задач.

1 – самостоятельное значение, 2 – вспомогательное значение, 3 – рациональный комплекс методов

источником палеогеографической и стратиграфической информации [Разрезы..., 1977; Серебрянный и др., 1989 и др.]. При этом детальное площадное апробирование сотен опорных разрезов позволили впервые перейти к качественно новым пространственным обобщениям, а именно к созданию карт минералогического и

гранулометрического состава, карбонатности морен.

Для морен Русской равнины установлены пространственные закономерности изменчивости минералогического состава: зональные (субмеридиональные), посекторные (субширотные), провинциальные (местные), – согласующиеся с раз-

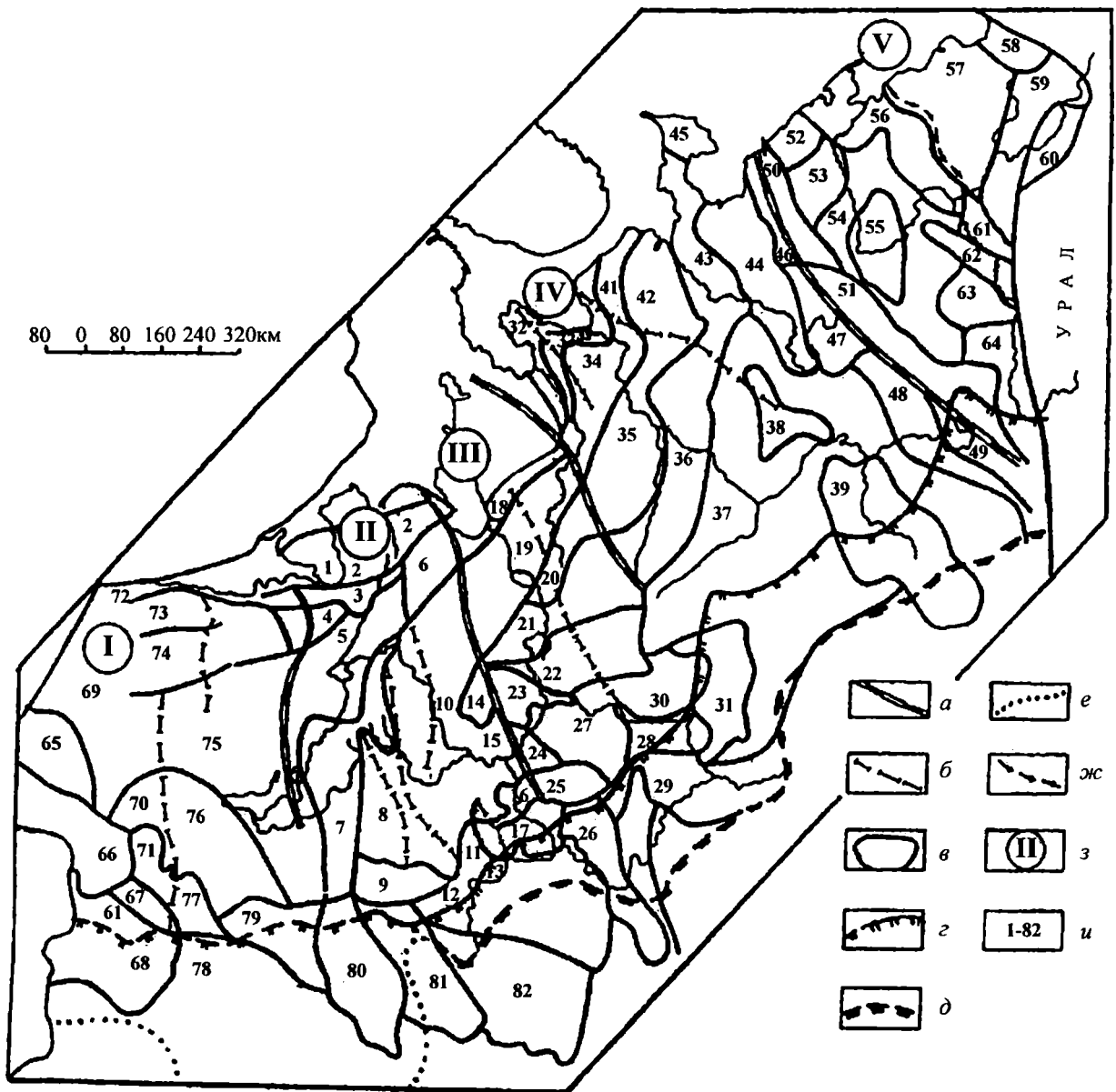


Рис. 3. Литолого-палеогеографическое районирование Русской равнины по типу ледникового питания.

а, б – границы ледоразделов: а – первого порядка, б – второго; в – границы литорайонов, г – граница московского (вычегодского) оледенения, д, е – граница днепровского (печорского) оледенения: д – установленная, е – предполагаемая зона сочленения вычегодских ледников, з – номер литоспектра; I – Балтийского, II – Ладожского, III – Онежского, IV – Беломорского, V – Поморского; и – номера литорайонов: 1 – Карельского, 2 – Невского, 3 – Ижорского, 4 – Лужского, 5 – Ильменского, 6 – Свирско-Оятьского, 7 – Селигерского, 8 – верхнее-Днепровского, 9 – Верхнедеснинского, 10 – Волжско-Тверского, 11 – Лужско-Протвинского, 12 – Окско-Тарусского, 13 – Нарофоминского, 14 – Моложского, 15 – Ивановского, 16 – Московско-Дмитровского, 17 – Бронницкого, 18 – Андомского, 19 – Лачского, 20 – Вожеозерского, 21 – Воже-Кубенского, 22 – Рыбинского, 23 – Кашинского, 24 – Волжско-Нерльского, 25 – Берендеевского, 26 – Мещерско-Шатурского, 27 – Нерского, 28 – Верхнетезского, 29 – Клязьминского, 30 – Галичского, 31 – Унжского, 32 – Онежского, 33 – Архангельского, 34 – Онего-Северодвинского, 35 – Вага-Северодвинского, 36 – Устьинско-Северодвинского, 37 – Сухоно-Вычегодского, 38 – Яренгского, 39 – Верхневиледьского, 40 – Беломорско-Зимнебережного, 41 – Верхнесоянского, 42 – Кулойского, 43 – Вашка-Мезенского, 44 – Чеша-Верхнезенского, 45 – Канинского, 46 – Пеша-Северотиманского, 47 – Среднетиманского, 48 – Южнотиманского, 49 – Верхневыхегодского, 50 – Цильма-Северотиманского, 51 – Восточнотиманского, 52 – Верхнесоймского, 53 – Сулинского, 54 – Лая-Шапкинского, 55 – Печоро-Ижемского, 56 – Нижнепечорско-Лайского, 57 – Мореюрского, 58 – Кортаихинского, 59 – Нерцета-Харутинского, 60 – Косью-Роговского, 61 – Сытинского, 62 – Щугорского, 63 – Лемьюского, 64 – Печоро-Ильчского, 65 – Жемайтского, 66 – Нижнедаугавского, 70 – Светянского, 71 – Ошмяконского, 72 – Нарвского, 73 – Пандиверского, 74 – Чудско-Рижского, 75 – Даугавского, 76 – Березинского, 77 – Минского, 78 – Среднеднепровского, 79 – Сожского, 80 – Ипатьевского, 81 – Среднерусского, 82 – Верхневоронежского.

нообразия факторов ледникового литогенеза, соотношением и составом питающих провинций, особенностями радиальной структуры ледниковых покровов и характером подстилающего рельефа [Судакова, 1990; Sudakova etc., 1995, Новейшие отложения ..., 2004 и др.]. Так, например, для московской морены Русской равнины в широтном направлении с запада на восток характерна тенденция изменения количественных показателей экзотических компонентов при переходе из сферы влияния Ладожского ледникового потока к Онежскому, а затем к Беломорскому и Поморскому. В этом направлении закономерно уменьшается доля граната (от 30 до 15%), которым обогащены коренные породы Приладожского сектора Балтийского щита. В обратной пропорции увеличивается примесь эпидота (от 2-3 до 30-40%), связанного с Тимано-Уральской областью сноса. Отмеченное посекторное распределение минералов удаленной питающей провинции в составе морен напрямую связано с особенностями потоковой структуры ледникового покрова.

Закономерные изменения минералогического спектра морен прослеживаются и вдоль движения ледниковых потоков. Зонально, в дистальном направлении, снижается содержание таких экзотических и транзитных компонентов как роговая обманка и гранат. [Рухина, 1973 и др.].

Закономерности провинциальной площадной изменчивости состава морен, предопределены особенностями местных питающих провинций и проявляются в очаговой повышенной концентрации определенных акцессорных минералов: дистена, ставролита, турмалина, глауконита, сульфидов и других минералов-спутников местных подстилающих пород. Установленные закономерности изменчивости вещественного состава ледниковых отложений – секторность, радиальная зональность и геологическая провинциальность – вносят существенные коррективы в палеогляциологические построения.

Палеогеографическая интерпретация закономерностей состава морен открывает определенные перспективы для более обоснованного и целенаправленного использования вещественного состава ледниковых отложений в практике палеогеографических и стратиграфических исследований. Стоящая на повестке дня актуальная задача межрайонной литологической корреляции разновозрастных морен с позиций палеогеографической концепции происхождения их вещественного состава представляется вполне реальной. Межрайонную корреляцию следует рассматривать как комплексную палеогеографическую за-

дачу, которая требует соблюдения определенных правил применительно к широтной и меридиональной корреляции, учитывающих особенности площадной изменчивости состава.

Предложенное литолого-палеогеографическое районирование (см. рис. 3), являясь принципиально новым методическим решением проблемы литологической корреляции, служит обоснованием её реальных возможностей и объективных ограничений.

Большой интерес для проведения межрегиональной литологической корреляции ледниковых горизонтов представляет созданная на основе анализа статистически надежного материала, карта минералогических провинций с устойчивой ассоциацией терригенных, аутигенных и глинистых минералов. На Русской равнине является достаточно сложная структура минералогических провинций различного ранга [Новейшие отложения..., 2004].

Сравнительный литологический анализ разновозрастных морен в опорных разрезах ключевых страторайонов Русской равнины свидетельствует о необратимой эволюции состава в связи с угасающим со временем влиянием подстилающего субстрата в результате последовательного многослойного его экранирования более молодыми напластованиями. Это приводит к поэтапному сокращению в составе морен вверх по разрезу доли местного материала, заимствованного у подстилающих пород. Ослабление связей с местными питающими провинциями неминуемо влечет подъем содержания дальнепринесенных эратических компонентов: роговой обманки, прочих амфиболов, пироксенов и других представителей Фенноскандии. К примеру, содержание руководящей роговой обманки возрастает в более молодых ледниковых горизонтах (калининском, московском) в среднем до 25–30%, по сравнению с 5–10% в нижнеплейстоценовых моренах. Таким образом, направленные во времени изменения спектров разновозрастных морен выражаются в нарастании экзотичности и полимиктовости состава за счет все большего “разбавления” местного материала дальнепринесенным, содержащим изрядное количество неустойчивых компонентов. Как было показано, вверх по разрезу с каждым новым поколением морен улучшается относительная сортированность и гомогенность состава в результате многократного перемешивания разнородного материала. Последствием этого процесса является подавление наследственных признаков и усиление типологических особенностей спектров. Эта основная палеогеографическая закономерность развития леднико-

вого литогенеза проявляется также и на других территориях в Прибалтике, Белоруссии, на Северо-Востоке [Андреичева и др., 1997 и др.]. Повсеместно наблюдаемое поступательное развитие минералогических спектров целесообразно принять в качестве одного из критериев литолого-стратиграфического возрастного расчленения ледникового комплекса.

Кроме того, каждый моренный горизонт обладает своими специфическими диагностическими признаками состава. На фоне отмеченной направленной тенденции разновозрастные морены распознаются по количественным пропорциям руководящих и аксессуарных минералов. Так, в донской морене из руководящих минералов ведущее место в спектре занимает гранат при незначительной примеси (всего 5–6%) экзотической роговой обманки. Основу минералогических ассоциаций составляют минералы местного происхождения; а некоторые из них (глауконит, сульфиды) нередко становятся доминантами. Корреляционный признак окской морены – довольно высокое представительство местных компонентов, в то время как фоновыми минералами, как правило, являются гранат, роговая обманка (в среднем по 15%). В днепровской морене преобладает ильменит-гранатовая ассоциация при значительном участии эпидота и относительно высоком содержании роговой обманки (до 20%). В московской морене, также как и в позднелепистоценовых моренах, в отличие от днепровской, наблюдается значительный прирост фенноскандинавского материала, в составе которого руководящая роговая обманка доминирует до 25–30%.

В свете продолжающейся дискуссии по поводу самостоятельности днепровского и московского оледенения интересная аргументация радикальной перестройки условий литогенеза в московскую эпоху получена с помощью корреляционного анализа показателей минералогического и гранулометрического состава морен (рис. 4). Выявленная различная структура и теснота прямых и обратных корреляционных связей между количественными характеристиками указывает на разные у днепровской и московской морен устойчивые ассоциации типичных минералов и гранулометрических фракций.

В результате систематизации обширного аналитического материала установлена территориально-возрастная структура вещественного состава морен в центре Русской равнины в тесной зависимости от палеогеографических условий. Сведенные воедино возрастные и региональные особенности литологии морен в компактном ви-

де демонстрирует рис. 5. Проявленные диагностические признаки разновозрастных морен с учетом их региональных особенностей можно рекомендовать в целях литологического расчленения ледникового комплекса и корреляции маркирующих ледниковых горизонтов.

Анализ строения и состава лессовидных суглинков ледниковых районов Русской равнины представляет актуальную проблему, ввиду их палеогеографической значимости и специфических особенностей строения и состава. Являясь продуктом определенного климата и обладая зонально-географической природой, лессовые породы ледниковых районов тесно связаны с перигляциальным литогенезом. Вместе с тем, вопросы происхождения лессовидных суглинков выходят за рамки перигляциальной тематики и смыкаются с общей проблемой лессообразования. Особого внимания заслуживает достаточно дискуссионный вопрос – выявление их генезиса, условий формирования и возраста.

Под покровным комплексом лессовидных отложений в ледниковых районах Русской равнины понимаются безвалунные пылеватые отложения, залегающие с поверхности (но не покровно) древних озерных, речных террас и отдельных элементов водораздельных пространств и обладающие свойственными лессовым породам высокой пылеватостью (40–50%), карбонатностью (в среднем около 2%), пористостью (14,1%). Эти признаки “лессовидности” сближают комплекс покровных безвалунных пород данной территории с лессовидными суглинками других районов [Судакова, 1969].

Анализ особенностей площадного распространения лессовидных пород, их мощностей и характера залегания, основанный на изучении в Ярославском Поволжье примерно 50 обнажений и 80 скважин бурения, приводит к выводу об определенных закономерностях в их размещении и свойствах [Разрезы..., 1977; Судакова, Базилевская, 1976]. Лессовидные породы имеют четкую геоморфологическую приуроченность к уровням водной аккумуляции, встречаясь на определенных ступенях московского и валдайского рельефа с отметками от 220 до 110 м. Различают группы лессовидных образований: на ледниковых и вводно-ледниковых формах московского рельефа, на вводно-ледниковых формах валдайского рельефа, на озерных и речных террасах. Примечательно, что покрова лессовых отложений нет на зандровых равнинах и на конечно-моренных грядах. Они приурочены к моренным равнинам, озерно-ледниковым и речным террасам и их склонам, а также к изолированным озерным понижениям.



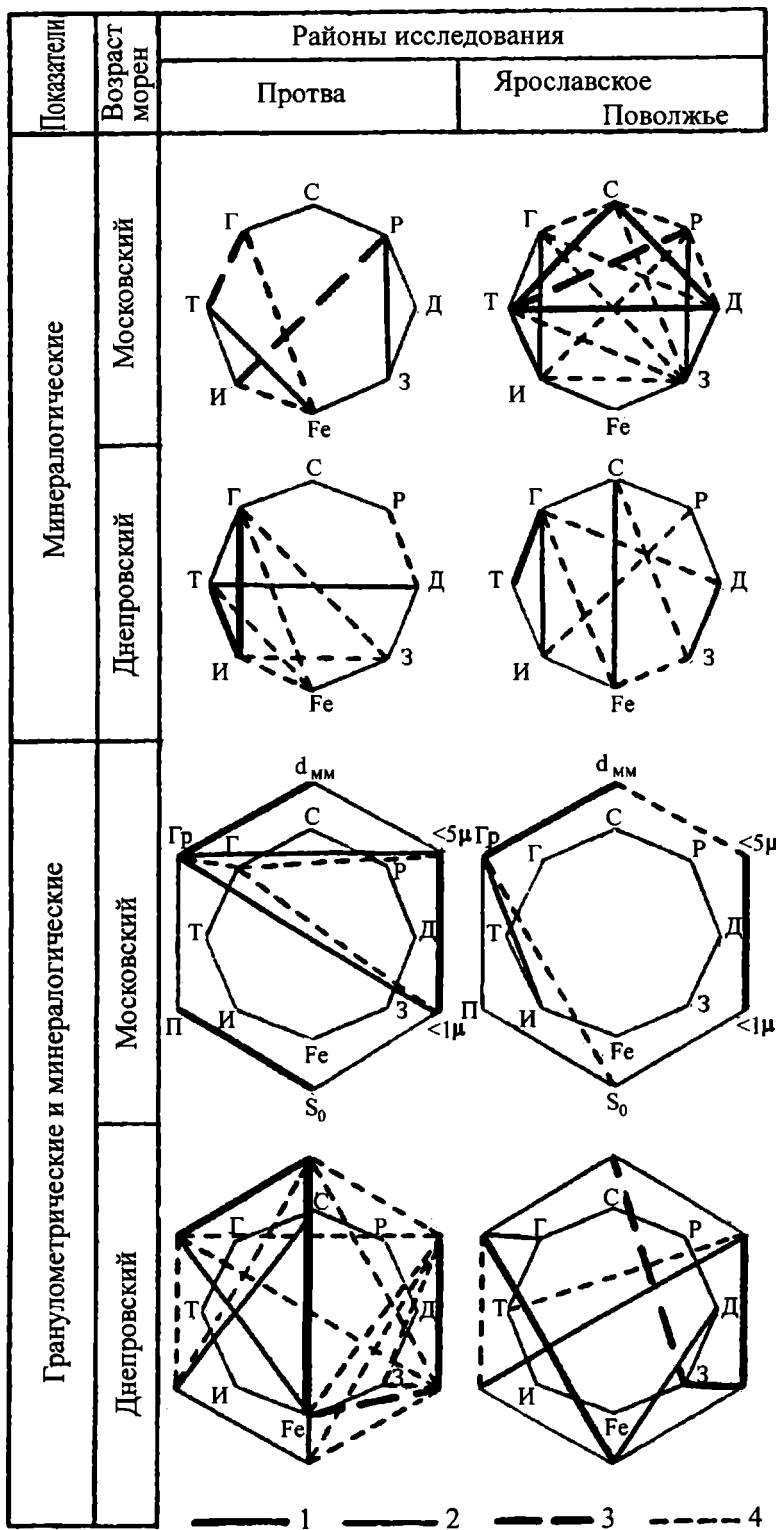


Рис. 4. Структура корреляционных связей между показателями минералогического и гранулометрического состава морен.

Корреляционные связи: 1 – положительные высокие ( $\geq 0,7$ ); 2 – положительные слабые ( $< 0,7$ ); 3 – отрицательные высокие ( $\geq 0,7$ ); 4 – отрицательные слабые ( $< 0,7$ ). Принятые сокращения: Г – гранат, Р – роговая обманка, Э – эпидот, И – ильменит, Т – турмалин, С – ставролит, Д – дистен, Fe – окислы и гидроокислы железа, Гр – гравий, П – песок,  $< 5\mu$  и  $< 1\mu$  – глина, d мм – средневзвешенный диаметр,  $S_0$  – коэффициент сортировки.

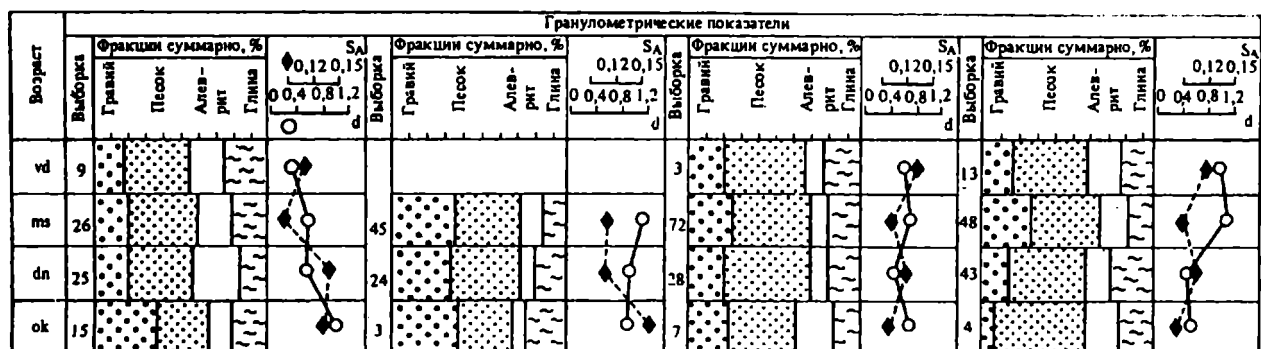
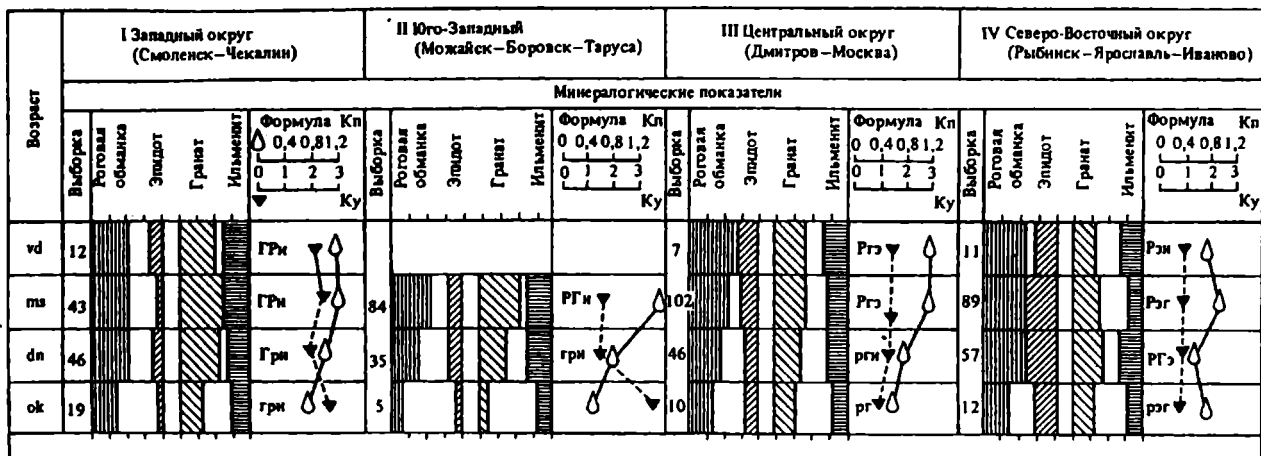


Рис. 5. Пространственно-возрастная структура средних показателей минералогического и гранулометрического состава разновозрастных морен Центра Русской равнины.

Округа: I – Смоленско-Московский, II – Боровско-Тарусский, III – Дмитровско-Московский, IV – Ярославско-Ивановский. Возраст морен: V<sub>d</sub> – валдайский, M<sub>s</sub> – московский, D<sub>n</sub> – днепровский, O<sub>k</sub> – окский, К<sub>п</sub> – коэффициент питающих провинций, К<sub>у</sub> – коэффициент устойчивости, d – средневзвешенный диаметр частиц, s<sub>0</sub> – коэффициент сортировки. Минералы: г – гранат, р – роговая обманка, и – ильменит, э – эпидот. Заглавные буквы означают, что содержание минерала 20% и более, прописные – менее 20%, но более 10%.

Лессовидные отложения различных геоморфологических уровней отличаются рядом визуальных и аналитических признаков. Это позволяет предположить, что покров лессовидных отложений разновозрастен, и среди них можно выделить позднемосковские, ранне- и поздневалдайские генерации [Разрезы..., 1977]. Приуроченность к озерным депрессиям и наблюдающиеся постепенные фациальные переходы лессовых отложений в типично озерные осадки могут указывать в данном случае на преимущественно озерный генезис этих образований. Большую роль в их формировании на моренной равнине, кроме озерного осадконакопления, имели склоновые и солифлюкционные процессы [Проблемы..., 2001].

Очевидно, вопрос о происхождении покровных лессовидных суглинков требует тщательного изучения их вещественного состава, расшифровки механизмов доставки, сортировки и пре-

образования пылеватого карбонатного материала – продукта криолитогеоза. Установленные особенности состава лессовидных пород в сочетании с геоморфологическими условиями залегания толщ позволяют судить об условиях формирования лессовидных отложений в Ярославском Поволжье.

– Наличие таких характерных признаков, как низкая карбонатность, большая глинистость, проявление слоистости и микрослоистости при фациальной неоднородности гранулометрического состава в связи с определенной геоморфологической приуроченностью – могут быть объяснены только с позиций признания здесь преимущественно водной седиментации лессовидных пород.

– Пространственное разнообразие минерального состава, обусловленное частой сменой местных питающих провинций, противоречит существенной роли дальнепринесенного материала.

Основная масса лессовидных отложений имеет, несомненно, местное происхождение и унаследована от предшествующих ледниковых аккумуляций. При сравнении лессовидных образований с подстилающими моренными, озерными и другими отложениями обнаруживается качественное сходство минерального состава и тесная связь с местными питающими провинциями [Базилевская, Судакова, 1986].

– Высокая пылеватость, слабая степень преобразования глинистого вещества, криогенные микротекстуры согласуются с представлениями о суровой перигляциальной обстановке периодов интенсивного лессонакопления.

– Ярусность строения лессовидных отложений, отличительные особенности вещественного состава каждой генерации, а также закономерные тенденции его изменения в разрезе свидетельствуют о разновозрастности лессовидных покровов, а, следовательно, и о периодичности лессонакопления в Ярославском Поволжье.

– Все генерации суглинков прошли этап облессования, в котором ведущими процессами были криогенные. Об этом свидетельствуют: увеличение содержания лессовой (0,05–0,01 мм) фракции в верхних 1,5 м разрезов, наличие вторичных структур песчаных частиц (скоплений вокруг пустот и пор, неясно выраженных колец, слоеватости), агрегатов из глинистых и алевритовых частиц, а также армирование пор карбонатами, пелитовый налет на минеральных зернах (по Л.И. Базилевской).

Итак, поэтапное (в процессе транспорта – седиментации – преобразования) приобретение различных признаков и свойств лессовидных суглинков, представляется следующим образом. Основным источником пылеватого материала в перигляциальной зоне, несомненно, являлись обширные по площади аккумуляции остаточных ледниковых и приледниковых бассейнов. Доставляющийся из ледниковой зоны материал разносился по системе проточных озер, сообщавшихся в периоды высоких стояний уровней проливами и протоками. Вероятно, золовая деятельность в это время принимала большие размеры, способствуя перевеванию пылеватого материала и его навеванию на гипсометрически приподнятые поверхности. Однако, золовый агент по доставке дальнепринесенного пылеватого материала, как показал минералогический анализ, играл подчиненную роль. Это доказывается тем, что примесь золового экзотического компонента не смогла затушевать главной закономерности – унаследованности основной минеральной массы лессовидных суглинков от местных

питающих провинций. В целом, учитывая специфику самих отложений (условия залегания, текстуры, слабую карбонатность, тесную генетическую связь с подстилающими озерными и флювиогляциальными отложениями), следует, вероятно, водной седиментации отводить решающую роль в выработке характерных свойств лессовидных пород данной территории, в том числе и в те периоды, когда активизировалась золовая и склоновая деятельность.

В отличие от морен и лессовидных суглинков – ярких представителей зонального типа литогенеза – аллювий служит примером интразонального типа. Однако, как показали наши исследования, сам минеральный состав обнаруживает зональные черты. К сожалению, бытует мнение о том, что изменения минералогического состава на протяжении относительно короткого промежутка времени не поддаются учету в силу относительной медлительности минералообразующих процессов, а также благодаря многообразию факторов, контролирующих формирование аллювиальных фаций. Это суждение основано, скорее, на недостаточной изученности состава четвертичных осадков в данном направлении.

Вопреки укоренившемуся взгляду нами была предпринята попытка проследить изменения в минералогическом составе аллювиальных толщ на протяжении четвертичного этапа осадконакопления по сибирским рекам Алдану, Зее, Илим, а также некоторым рекам Казахстан и Ферганы. При этом названные выше сомнения можно преодолеть путем использования некоторых специальных приемов исследования. Так, границы сопоставимости состава отложений могут быть расширены, если в качестве руководящих критериев взять сопряженный комплекс в составе терригенных, новообразованных и глинистых минералов, парагенетически связанных между собой, с помощью которых выявляются типичные особенности спектра. Сопоставление большого цифрового материала значительно упрощается при использовании коэффициентов устойчивости (КУ), представляющих собой отношение суммы средних значений устойчивых к сумме средних значений легко разрушающихся минералов в соответствии с их химической и механической стойкостью. Как правило, увеличение КУ до 1 характеризует возросшую интенсивность минералообразования в обстановке более влажного и теплого климата, что подтверждается данными палеоботанического, химического и гранулометрического анализов.

Действительно, минеральные спектры аллювия четвертичного возраста в разных районах отли-

чаются своеобразным составом, что связано со спецификой геолого-геоморфологического строения территории, её тектоническим режимом, геологической историей и ландшафтно-климатическими условиями [Судакова, 1965]. Так, южные, более засушливые районы Забайкалья, Казахстана и Ферганы отличаются специфическим минералогическим составом. Минералогический состав аллювия Ферганы и Казахстана характеризуется великолепной сохранностью терригенного спектра и крайне слабой его сортировкой по устойчивости ( $KU = 0,45-0,25$ ). Вторичные и глинистые минералы ассоциируются в резко отличные от более северных территорий комплексы. В отличие от районов с избыточным увлажнением (Нижне-Зейская депрессия) железосодержащие силикаты в условиях обезвоживания выветриваются не так интенсивно. Даже в относительно

древних отложениях II и III террас зерна пироксенов, железистых гранатов едва затронуты процессами разрушения. И только в древней коре выветривания можно наблюдать массовые признаки более глубокого разложения минералов. Среди глинистых минералов в лёссовидном аллювии долин Кугарт и Караунгур преобладает бейделлитово-гидрослюдистая ассоциация, сопровождаемая, как правило, характерными вторичными образованиями. Они представлены различными минералами солей и в первую очередь гипсом.

Сравнивая минералогические показатели в различных природных условиях, мы не можем не заметить закономерной тенденции их сменяемости в меридиональном направлении. Таблица иллюстрирует различную интенсивность минералообразующих процессов по схематическому профилю Алдан – Фергана.

**Таблица.** Зональные изменения КУ, устойчивых, неустойчивых, вторичных минералов в тяжелой фракции русловой фации аллювия, %

Местонахождение	Устойчивые	Неустойчивые	Вторичные	KU
Долина р. Алдан	27,9	58,5	10,6	0,65
Верхне-Зейская депрессия	33,4	56,1	9,6	0,56
Нижне-Зейская депрессия	36,7	50,4	9,0	1,15
Долина р. Нерчи	40,7	54,2	7,3	0,67
Долина р. Баляги	27,3	66,2	6,4	0,57
Центральный Казахстан	–	–	–	0,45
Ферганская депрессия	–	–	–	0,24

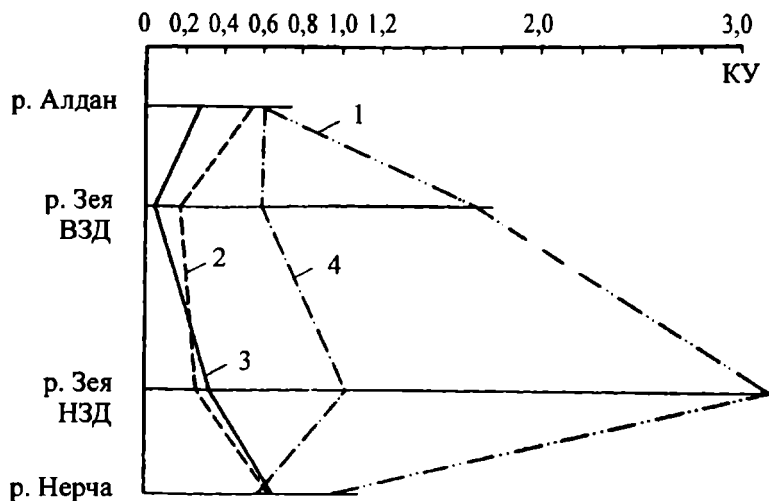
Согласно данным таблицы, тенденция нарастания степени выветрелости спектра и её спад логично увязываются с географической зональностью в целом (рис. 6).

Наибольшей из исследуемых районов трансформацией исходного минерального состава отличается Нижне-Зейская депрессия (НЗД), включающая несколько терригенно-минералогических провинций. Обильные муссонные дожди и высокие температуры в течение большей части года, способствующие развитию богатой растительности, создают здесь благоприятные условия для глубокой биогеохимической сортировки минералов. Широко развитые процессы выщелачивания обломочного материала, лимонитизация железосодержащих разностей и ожелезнение всего осадка в целом приводят к резкому сокращению содержания таких слабоустойчивых минералов, как пироксены, амфиболы, эпидот и др. Биотит, гиперстен, оливин, пирит и некоторые другие желе-

зосодержащие минералы почти полностью выпадают из спектра уже в отложениях высокой поймы и I надпойменной террасы. Вследствие этого КУ для НЗД достигают в среднем 0,8–1,2. В условиях поверхностного выветривания в аллювии р. Зеи в качестве одного из характерных вторичных явлений следует назвать процесс видоизменения титансодержащих минералов.

Интенсивность минералообразующих процессов, по данным таблиц и графиков, постепенно ослабевает как к северу (Верхне-Зейская депрессия, Южная Якутия), так и к югу – в направлении засушливых областей Восточного Забайкалья (рис. 6).

Однако при всей региональной индивидуальности минералогические ассоциации четвертичного возраста имеют общие сближающие их закономерности и тенденции развития, которые выявляются с помощью парагенетических минералогических комплексов.



**Рис. 6.** Зональные изменения показателей устойчивости (КУ) минералогического состава аллювия по эпохам террасообразования.

Осредненные значения КУ: 1 – по IV террасе, 2 – по III террасе, 3 – по II террасе, 4 – по I террасе.

Анализ более чем 2000 образцов, отобранных из аллювия рек в разнообразных природных условиях, выявляет существенные изменения минералогического состава, происшедшие с момента заложения современных долин, и вскрывает следующие особенности их эволюции:

Направленность в перестройке спектров, связанную с похолоданием и нарастанием континентальности климата за последний миллион лет.

Ритмичную изменчивость, обусловленную колебаниями климата.

В случае постоянства во времени питающих и терригенно-минералогических провинций минеральные спектры террас рек Зеи, Алдана, Нерчи и др. по мере омоложения отложений обнаруживают в целом тенденцию к обогащению слабо устойчивыми компонентами. Начиная с этапа формирования II террасы крупных рек Восточной Сибири, в молодых речных осадках появляются и хорошо сохраняются экзотические для каждого из районов нестойкие разности, такие, как биотит, сульфиды, гиперстен и т.п., свидетельствующие о слабой дифференциации спектра по устойчивости в обстановке, благоприятной для оптимальной сохранности минеральных зерен. Качественный состав глинистых и вторичных образований также указывает на снижение интенсивности выветривания в этом направлении.

Наряду с характерной первичной сортировкой минеральных частиц с возрастом аллювия увеличивается степень вторичной измененности осадка и разрушенности минералов. Вторичная лейкоксенизация, мало связанная с периодическими колебаниями состава, также имеет пря-

мую связь с возрастом. Следовательно, минералогический состав четвертичного аллювия эволюционирует не только в связи с первичной сортировкой, но в известной мере зависит от вторичной перегруппировки спектра.

Необратимые изменения имеют количественное выражение. Только за время формирования серии четвертичных террас названных районов, т.е. за последний миллион лет, суммарное содержание неустойчивых минералов по нашим подсчетам увеличилось в среднем в 2,9 раза, в то время как по А.Б. Ронову эта же величина за 800-миллионную историю Русской платформы составила примерно 30. Другими словами, темп эволюции минерального состава в четвертичную эпоху значительно возрос по сравнению с предшествующей геологической историей.

На фоне направленных изменений в минералогическом составе четвертичных террас Зеи, Алдана, Илима и др. четко прослеживаются несколько крупных перегруппировок минеральных компонентов, отвечающих, соответствующим климатическим ритмам. Количественными показателями интенсивности выветривания могут служить коэффициенты устойчивости – КУ спектра (рис. 6).

Для 80-и 25-метового террасовых уровней р. Зеи, III и IV террас р. Алдана характерно разубоживание спектра слабо устойчивыми видами, что сочетается с высокими коэффициентами устойчивости; наблюдается глубокое выветривание всех составных частей спектра с образованием вторичных модификаций железистых и титанистых минералов, накопления глинистых образо-

ваний из группы каолинита. Судя по спорово-пыльцевым спектрам, глубокое выветривание минералов протекало на фоне распространения теплолюбивых смешанных лесов.

Этапы с интенсивным минералообразованием чередуются с эпохами, отличавшимися хорошей сохранностью минералов и слабой измененностью осадка (III и II террасы р. Зеи, II террасы р. Алдана). Характерные черты минералогического строения ассоциируются с холодолюбивой растительностью тундрового типа.

Итак, с помощью парагенетических ассоциаций минералов в развитии четвертичных осадочных толщ Восточной Сибири и районов, тяготеющих к Дальневосточному краю, устанавливаются явные ритмы различной интенсивности выветривания, отвечающих этапам похолодания и потепления. Особенности возрастных перегруппировок минералогического состава очень рельефно рисуют кривые КУ, в которых сведено все цифровое многообразие изученных разрезов (рис. 6). Причем, черты зонального минералогического строения прослеживаются по всем аллювиальным циклам четвертичного осадконакопления, тогда как в развитии возрастных комплексов некоторых районов имеются свои специфические особенности.

Примечательно, что в тектонически-активном засушливом районе Ферганы развитие минералогического спектра в четвертичный период характеризуется той же особенностью, что и в платформенном Казахстане, а именно: чем древнее осадок, тем более стойкий состав он имеет. Кривые КУ очень наглядно воспроизводят направленное развитие спектров этих районов.

Сопоставление фактического материала по аллювию позволяет рассматривать их минералогические комплексы как весьма подвижные зависимые от условий системы, поскольку они четко отражают черты зонального различия минералогического состава и одновременно определенную его эволюцию в течение четвертичных эпох осадкообразования. Наряду с поступательным развитием минералогического состава, удастся подметить ряд крупных ритмов минералообразования,

которые соответствуют периодическим колебаниям климата. Таким образом, минералогические ассоциации ясно отражают изменения условий осадконакопления в течение квартала. В связи с этим суждение о неприменимости минералогического анализа к расчленению четвертичной толщи аллювия нельзя принять состоятельным. Выявленные специфические особенности минералогических ассоциаций аллювия открывают возможность широкого их использования в стратиграфических и палеогеографических целях.

Итак, проводимые исследования выявляют весомый вклад литологии в решение актуальных стратиграфических и палеогеографических задач, таких как: диагностика и корреляция разновозрастных комплексов плейстоценовых отложений, воссоздание структуры, динамики и границ распространения ледниковых покровов. Литологические методы способствуют выяснению вопросов генетической идентификации отложений, оценки геологической наследственности их состава. Особенно показательны достижения минералогического и петрографического анализов в расследовании источников сноса и транзита потоков вещества в ледниковых и бассейновых литосистемах.

Анализ установленных тенденций развития литогенеза положен в основу теоретических обобщений. В этой связи важное теоретическое и практическое значение приобретает выдвигаемая палеогеографическая концепция плейстоценового литогенеза, согласно которой литогенная основа рассматривается как развивающаяся в пространстве и во времени целостная литосистема со свойственными ей проявляющимися палеогеографическими закономерностями. Корректное использование закономерной изменчивости состава отложений в зависимости от смены обстановки литогенеза может служить обоснованием правомерности фациально-генетической, провинциально-геологической и ландшафтно-климатической интерпретации литолого-минералогического их состава, что необходимо для эффективных палеогеографических реконструкций.

## Литература

Андреичева Л.Н. Основные морены европейского Северо-востока России и их литостратиграфическое значение. С-Пб.: Наука, 1992. 125 с.  
Андреичева Л.Н., Немцова Г.М., Судакова Н.Г. Среднеплейстоценовые морены Севера и Центра Русской равнины. Екатеринбург, 1997. 83 с.  
Астапова С.Д. Особенности вещественного состава морен Белоруссии // Вещественный состав основных морен. М., 1978. С. 109–117

Базилевская Л.И., Судакова Н.Г. Зависимость литологии лессов от подстилающих пород в Центре России // Вестн. МГУ. Серия 5. геогр., 1986. № 1. С. 68–74.  
Бардин В.И., Судакова Н.Г. Особенности вещественного состава морен Антарктиды // Вещественный состав основных морен. М., 1978. С. 117–126.  
Батурин В.П. Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1947. 335 с.

- Итоги науки и техники. Палеогеография, т. 4. М.: Изд-во ВИНТИ, 1987. 186 с.
- Конищев В.Н.* Формирование состава дисперсных пород в криолитосфере. Новосибирск: Наука, 1981. 197 с.
- Крашенинников Г.Ф.* Учение о фациях. М.: Высшая школа, 1971. 367 с.
- Кригер Н.И.* Лесс, его свойства и связь с географической средой. М.: Наука, 1965. 296 с.
- Лаврушин Ю.А.* Строение и формирование основных морен материковых оледенений. М.: Наука, 1976. 235 с.
- Лаврушин Ю.А.* Некоторые общие вопросы моренного седиментогенеза // Процессы континентального литогенеза. Тр. ГИН АН СССР. Вып. 350. М., 1980. С.123–135.
- Лаврушин Ю.А., Ренгартен Н.В.* Основные черты ледового типа литогенеза // Литология и полезные ископаемые, 1974, № 6. С. 21–32.
- Лессово-почвенная формация Восточно-Европейской равнины. Палеогеография и стратиграфия. Отв. ред. А.А. Величко, М., 1997. – 140 с.
- Марков К.К.* Палеогеография. М.: Изд-во МГУ, 1960. 268 с.
- Новейшие отложения и палеогеография Окско-Донской древнеледниковой зоны. Смоленск: Изд-во “Маджента”, 2004. 120 с.
- Попов А.И.* Криолитогенез и его место в системе литогенеза // Проблемы криолитогенеза. Вып. 85. М., 1979, С. 7–26.
- Проблемы стратиграфии четвертичных отложений и палеогеографии Ярославского Поволжья. – М., ГЕОС, 2001. 159 с.
- Разрез новейших отложений Мамонтова Гора / Под ред. Акад. *Маркова К.К.* М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1973. 198 с.
- Разрезы отложений ледниковых районов Русской равнины / Под ред. акад. *Маркова К.К.* М.: Изд-во МГУ, 1977. 198 с.
- Ренгартен Н.В.* Критерии реконструкции климата антропогена. Автореф. дисс. ... докт. г.-м. наук М., 1971. 52 с.
- Руководство по изучению новейших отложений. М.: Изд-во МГУ, 1976. 310 с.
- Рухина Е.В.* Литология ледниковых отложений. Л.: Недра, 1973. 176 с.
- Серебрянный Л.Р., Орлов А.В., Сомина О.Н. и др.* Морены – источник гляциологической информации. М.: Наука, 1989. 236 с.
- Страхов Н.М.* Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. М.: Госгеолтехиздат, 1963. 535 с.
- Судакова Н.Г.* Особенности минералогических ассоциаций четвертичного аллювия. Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. М., 1965. – 20 с.
- Судакова Н.Г.* Лессовидные суглинки долины реки Алдан // Новейшая тектоника, новейшие отложения и человек, Сб.1, М.: Изд-во Моск. Ун-та, М., 1969, С. 41-62.
- Судакова Н.Г.* Палеогеографические закономерности ледникового литогенеза. М.: Изд-во МГУ, 1990. 159 с.
- Судакова Н.Г.* Литогенная основа палеогеографических исследований // В кн.: Проблемы палеогеографии и стратиграфии плейстоцена. М.: Изд-во МГУ, 2000. С. 11–35.
- Судакова Н.Г.* Палеогеографические закономерности плейстоценового морфолитогенеза как основа природных изменений // В кн.: Структура, динамика и эволюция природных геосистем. Т. I. М.: Изд-во “Городеи”, 2004. С. 513–537.
- Судакова Н.Г., Базилевская Л.И.* Особенности лессовидных образований Ярославского Поволжья.- Изв. АН СССР, сер. геогр. №5. 1976. С. 90–98.
- Четвертичные оледенения на территории СССР / Отв. Ред. *Величко А.А., Исаева Л.Л., Фаустова М.А.* М.: Наука, 1987. 127 с.
- Шанцер Е.В.* Очерки учения о генетических типах континентальных осадочных образований. – Тр. ГИН АН СССР, 1966. Вып. 161. 239 с.
- Sudakova N.G., Faustova M.A., Nemtsova G.M. etc* // Glacial deposits in North-East Europe. Rotterdam brookfield, 1995/ Russia. P. 161–213/