

УДК 556.555.6 : 551.794 (476)

*Е.А. Козлов, В.А. Генин*

## ЗАВИСИМОСТЬ РЕЖИМОВ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ОЗЕРАХ АВТОНОМНЫХ ЛАНДШАФТОВ БЕЛАРУСИ

Рассмотрены условия и режимы мобилизации вещества в элювиальных ландшафтах в голоцене. Представлены соотношение седиментационных структур озер и их преобладание.

Озера Беларуси, расположенные на водоразделах, в голоцене существовали при неспецифично высокой для равнин мобилизации вещества [1] из-за перестройки долин, прежде всего в верховьях. Объективные условия увлажнения создали густую речную сеть, которая реализует потенциал формы водосбора через структуру видов ландшафтов. Этапы их развития зафиксированы в порядке смены вещественного состава осадков. Если водосборы не имеют внешнего транзитного стока, то чередование слоев осадков в обособленном сопряженном ряду складывается в независимый режим седиментации [2]. Несколько близких режимов седиментации как правило складываются в кластер.

Автономные элювиальные элементарные ландшафты (ЭЛ) – это территории, не имеющие связи с грунтовыми водами, в пределах которых атмосферное питание значительно превышает транзитный сток с водосборов. Они выделены по критериям М.А. Глазовской [3] и охватывают 14,7% территории Беларуси. В начале голоцена их расчленение было ниже на 1727 %, чем сейчас, и росло, что на 2428 % увеличило сброс вод на близлежащие Среднеприпятскую, Неманскую, Нарочано-Вилейскую, Дисненскую и другие низменности. Эрозия на автономных элювиальных ЭЛ подконтрольна доле площади морены, перекрытой лессовидным шлейфом [4]. Механический состав почвенных разностей на указанных пространствах на 38% представлен суглинками и на 33% супесями.

Развитие лесных формаций (детритного ряда зонобиомов) определяет малые твердый и растворенный сток и, видимо, биогенное питание озер [5, 6]. Напротив, в раннем голоцене в выносимом материале преобладали производные покровных пород. Их вынос закономерен ввиду перестройки биотических связей геосистем – деградации холодных степей и развития лесов [5, 6]. В основе стимулирования твердого стока лежит структура энергорасхода: минеральное накопление связано с затратами на мобилизацию вещества, а органическое – на генерацию или трансформацию. Помимо данных в таблице 1, это подтверждено и результатами реконструкции пирогенного агропасквального освоения земель во второй половине субатлантики [7, 8].

Таблица 1 – Структура твердого стока в дренажных бассейнах, % (сост. авт. по [8])

Денудация	Этапы	
	доагрикультурный	современный
общая транзитная	44,2	10,2
общая местная	55,8	89,8
итого	100	100
в т.ч. химическая	65,2	4,8
в т.ч. перераспределение в бассейне	1,8	5,4

Независимые методы [9, 10, 11] указывают, что ввиду контрастности стока и испарения с сельскохозяйственного клина и иных, недиагностируемых причин на возвышенно-

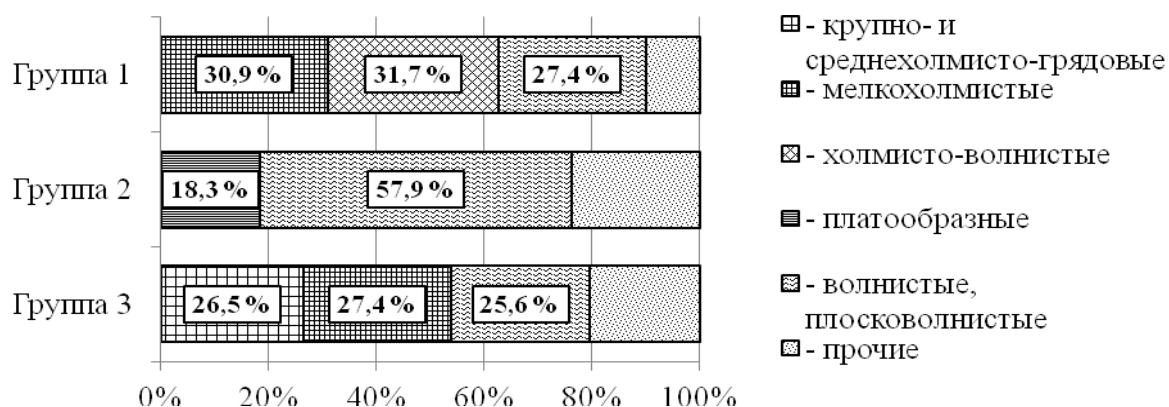
стях в лесах на песчано-супесчаных почвенных разностях перелог установился раньше и мог значительно влиять на избирательность выноса. Оценить и реконструировать влияние дренажа на продуктивность старовозрастных древостоев можно по вегетационным индексам ключевых формаций зонобиомов [12]. Режим увлажнения и стока на возвышенностях в голоцене отвечает базовой модели, сформированной в представлениях Б.Л. Дзержевского [13], Р.К. Клиге [14] и А.А. Асеева [15].

Условия однонаправленной миграции гидрокарбонатов формируют низкий фон выноса из коры выветривания, значительный подземный сток и, как следствие, мощную зону аэрации [8, 16]. В результате формируются прикрытый карст [17, 18, 19], значительные невязки баланса озер, обусловленные подземным стоком, в том числе ионным. Это поддерживает олиготрофное состояние озер на 400–2400 лет, иногда и более.

Сопоставив потенциальные леса, у которых структура нижних ярусов растительности старше почвенных разностей, и морфологию рельефа [20], мы имеем основу для оценки интенсивности влияния пирогенного перелога и фосфоризации на структуру потенциальных педо- и климатогенных классов древесных формаций [21, 22, 23], что корректирует представления о структуре эдификаторов [6, 9, 24, 25]. Последние являются общепринятым индикатором зональных (радиационнообусловленных) процессов в геосистемах, к которым относится и седиментогенез [26, 27]. Это дало возможность отделить реликтовые и прогрессивные черты осадконакопления и сопоставить их с чертами структуры ландшафтов в ранге видов по Г.И. Марцинкевич [28].

Для анализа взяты районы с доминированием автономных элювиальных ЭЛ: Витебская и Городокская возвышенности (первая группа), Оршано-Могилевское плато (вторая группа), возвышенности Белорусской гряды (третья группа). Критерием доминирования выбрано распространение указанного вида ЭЛ на более чем 50% территории водосбора.

Возможно, наряду с холмистыми видами и плоские виды возвышенных ландшафтов были представлены в основе элювиальных ЭЛ (рисунок 1). Эрозия сформировала в рельефе серии прогрессивных поверхностей [29, 30], этапы развития которых в раннем (BO-PB) и позднем (SB-SA) голоцене четко отражены в местном стоке, а следовательно, озерной седиментации.



**Рисунок 1 – Структура видов ландшафтов по Г.И. Марцинкевич, 1989 для автономных элювиальных ЭЛ**

Замкнутые западины в элювиальных ЭЛ – реликтовые элементы. Значит, показатель западинности, предложенный О.Ф. Якушко для свежего рельефа, – это мера его сохранности. Комплексность данной меры отлично показала себя при интерпретации седиментационных рядов, не включающих сапропели, анализе распространения местных

водоупоров, индикации приручьевых лесов. В этом ключе развитие родниковых, долинных и западных болот, вложенных в древние ложбины стока и приуроченных к перегибам склонов [31, 32, 33, 34], является эффектом от палеозападинности и служит компарации в седиментационном анализе [2, 17].

Хронологическая привязка наиболее интенсивной перестройки рельефа в целом и изменения покатости котловин в частности в элювиальных условиях (рисунок 2) отражают вынос материала с периферии водосбора в озеро. Процесс перестройки формы водосбора связан с динамикой высотных ступеней, представляющих собой площадки сработки рельефа [28]. Поэтому слои осадков в озерах отражают изменения формы и озерной котловины, и малого водосбора. Примененный к ним кластерный анализ выявил функциональную общность внешних и внутренних предикторов седиментогенеза: состав покровов и расчлененность водосбора, структура видов осадков, скорости заиления (таблица 2). По мнению автора, предложенные Н.Ф. Глазовским в [35] комплексные положения позволяют связать мобильные показатели [25], например климат (рисунок 3), с интенсивностью функционирования морфолитосистемы [36], процессом денудационного среза и морфологического омоложения рельефа с учетом представлений о стоке [37].

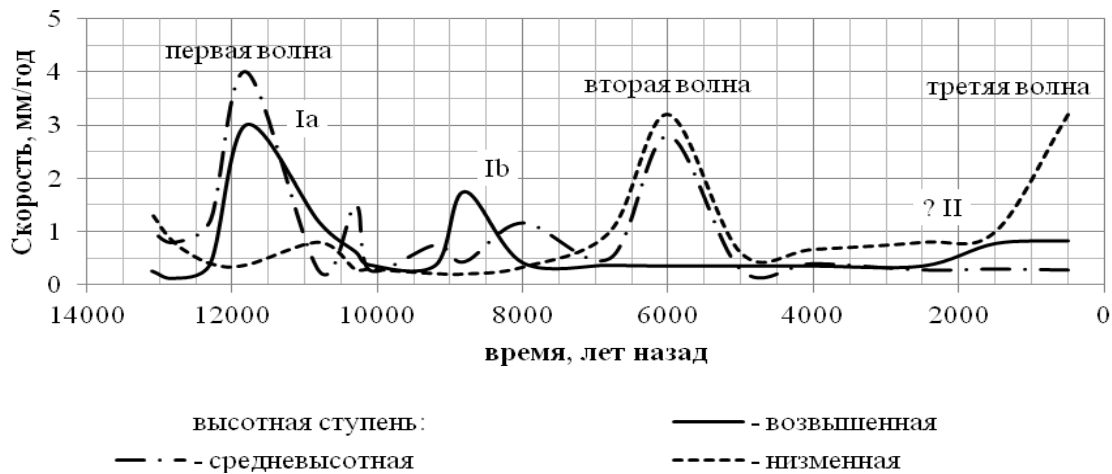


Рисунок 2 – Скорости осаждения илов для озер с полигенным накоплением в голоцене

Таблица 2 – Структурно-параметрическая характеристика озерного седиментогенеза в автономных элювиальных ЭЛ

Характеристика	Первый кластер	Второй кластер
Роды ландшафтов	холмисто-моренно-озерный, реже камово-моренно-озерный, моренно-зандровый	холмисто-моренно-эрозионный, реже водно-ледниковый с озерами, камово-моренно-озерный
Подтип осадконакопления	иловый, реже глинистый	сапропелевый, реже глинистый или иловый
Средняя мощность осадков, м	1,7–4,0	5,3–8,4
Доминанта осадков	четкая, часто моно	нечеткая, часто поли

Примечание – иловый подтип включает иловатый и илистый подтипы по [26].



Преобладание полигенных осадков в озерах с автономными водосборами можно объяснять, во-первых, избирательным выносом, а во-вторых, дифференцированной генерацией. Второе положение широко освещено в литературе [38]. Относительно первого получена ранговая коррелятивная связь  $r = 0,39$   $p < 0,25$   $N = 38$  между минеральной составляющей донных осадков в голоцене и покровом конкретного водосбора.

Географические различия между группами озер в следующем. Развитие эрозии и дренаж территории создают базу для накопления минеральных илов, выраженную в морфологии возвышенностей (рисунок 1). Генерация органического материала (таблица 3) в большей мере связана с условиями климата. Так, корреляция с климатом скорости накопления органических сапропелей составляет  $r = 0,61$   $p < 0,25$ , а приростов торфа –  $r = 0,63$   $p < 0,25$   $N = 38$ . Вследствие слабого эрозионного расчленения на востоке Белорусского Поозерья недостаточный дренаж провоцирует накопление торфа, отмеченное на протяжении всего голоцена [39]. Чередование органического и минерального материала в осадках озер второй и третьей групп обусловлено переменной макроклиматического тренда. Сложившиеся различия между группами заключены не столько в осаднении тонкого материала, сколько в интенсивности эвтрофирования. Поэтому на периферии моренных возвышенностей Поозерий (третья группа) в структуре мощностей осадков сформировалась следующая последовательность доминант, представляющая собой естественную норму (фон): сапропели → торфа → минеральный материал [17].

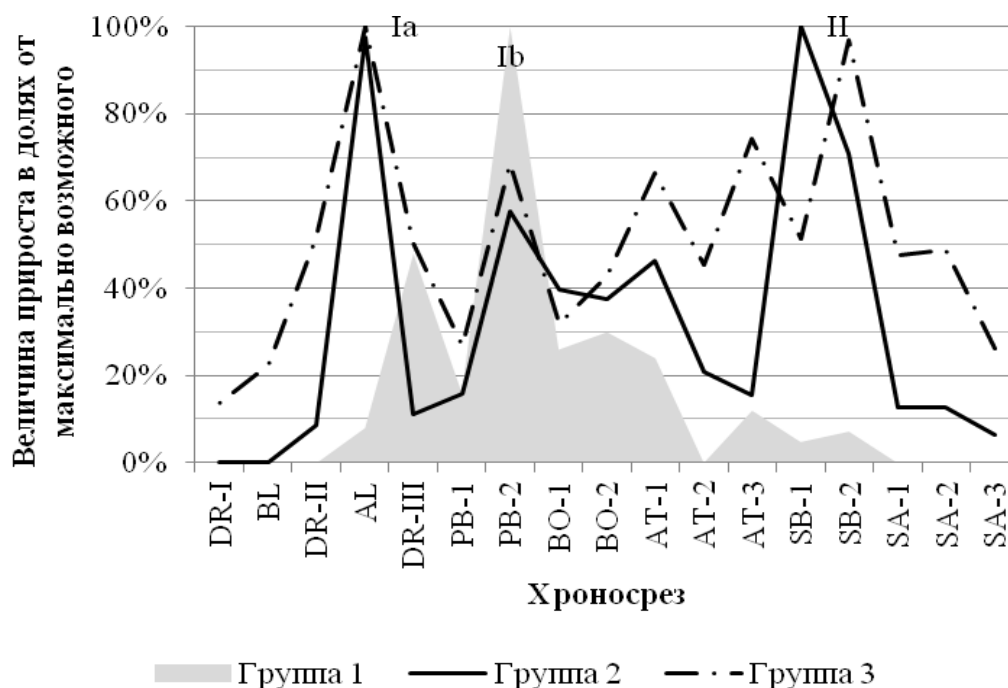
Таблица 3 – Структура осадков голоценовых озер с автономными водосборами, %

Группа	Озерный материал (донные осадки)				
	опесчаненный	оглиненный	сапропели		торф
			минеральные	органические	
1	26,7	5,9	5,0	15,0	47,4
2	48,6	12,1	23,7	0,9	14,7
3	18,9	11,1	27,7	17,3	25,0

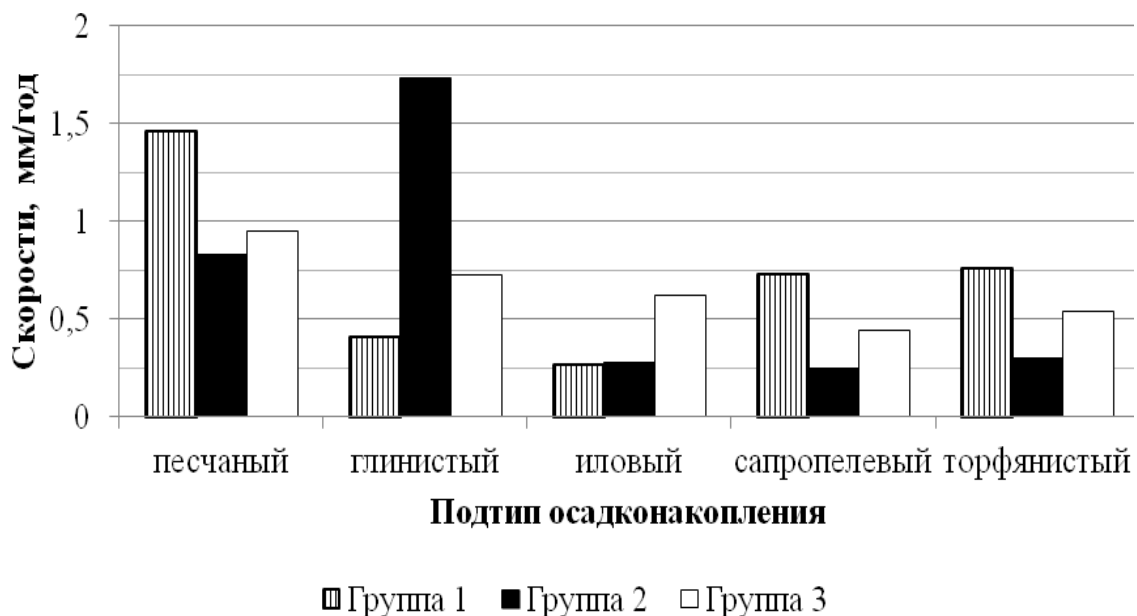
Приросты мощности за хроноинтервал (рисунок 4) и структура скоростей этого прироста (рисунок 5) характеризуют режим осадконакопления [2]. В нем отчетливо прослеживается отличие первой от второй и третьей групп. В первой группе максимальные приросты мощности отмечены в РВ-2 (Ib), и они достигнуты за счет осаднения до 2 м песков. Во второй группе максимумы приростов мощности отмечены в AL (Ia) – глины+супеси до 3 м и SB-1 (II) – пески до 3 м. В третьей группе максимумы пришлось на AL (Ia): глина+сапропель смешанный+сапропель карбонатный до 3 м, и SB-2 (II) – сапропель карбонатный + сапропель грубодетритовый + сапропель кремнеземистый до 2 м.

Скорости осаднения указывают, что режим осадконакопления – объективно выделенная категория. Наибольшие скорости отмечены в режимах с ранне- и позднеголоценовыми максимумами приростов. Они организованы климатическим импульсом [26, 40].

Для автономных элювиальных ландшафтов в голоцене характерно преобладание озерных режимов седиментации, следовательно торфонакопление – процесс скорый и хронологически сжатый. Главный эрозионный («минеральный») максимум скоростей седиментации пришелся на предоптимальное время (РВ). Процессы эвтрофирования формируют второй («органический») максимум скоростей седиментации в постоптимальное время голоцена (SB) [41]. Озера элювиальных ЭЛ первой группы «органического» максимума на современном этапе своего развития еще не достигли (рисунок 4, 6), что отражено в степени заполнения их котловин [2].



**Рисунок 4 – Ритм осадконакопления в озерах автономных элювиальных ЭЛ Беларуси в голоцене**



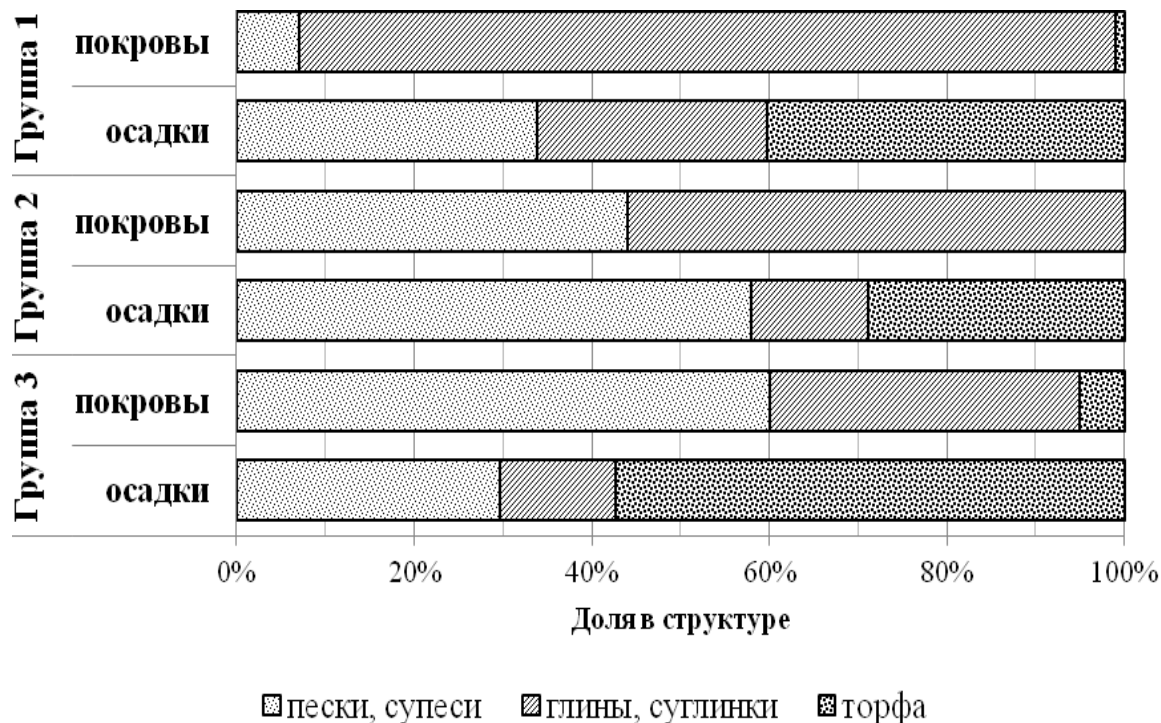
**Рисунок 5 – Скорости формирования осадков в озерах автономных элювиальных ЭЛ Беларуси в голоцене**

Примечание – Иловый подтип включает иловатый и илистый подтипы по Козлову Е.А., 2010 [26].

Каждый следующий пик седиментации в озерах с полигенными осадками был меньше предыдущего, в частности – отнесенных к первой группе. Такая тенденция отвечает перестройке морфолитосистемы элювиальных ЭЛ в голоцене (рисунок 2). Ожидаемый скачок скоростей должен привести к установлению гармонических колебаний в соотношении минеральной и органической фракций, как это случилось во второй и третьей группах. Этот процесс отражает эрозионную работу и



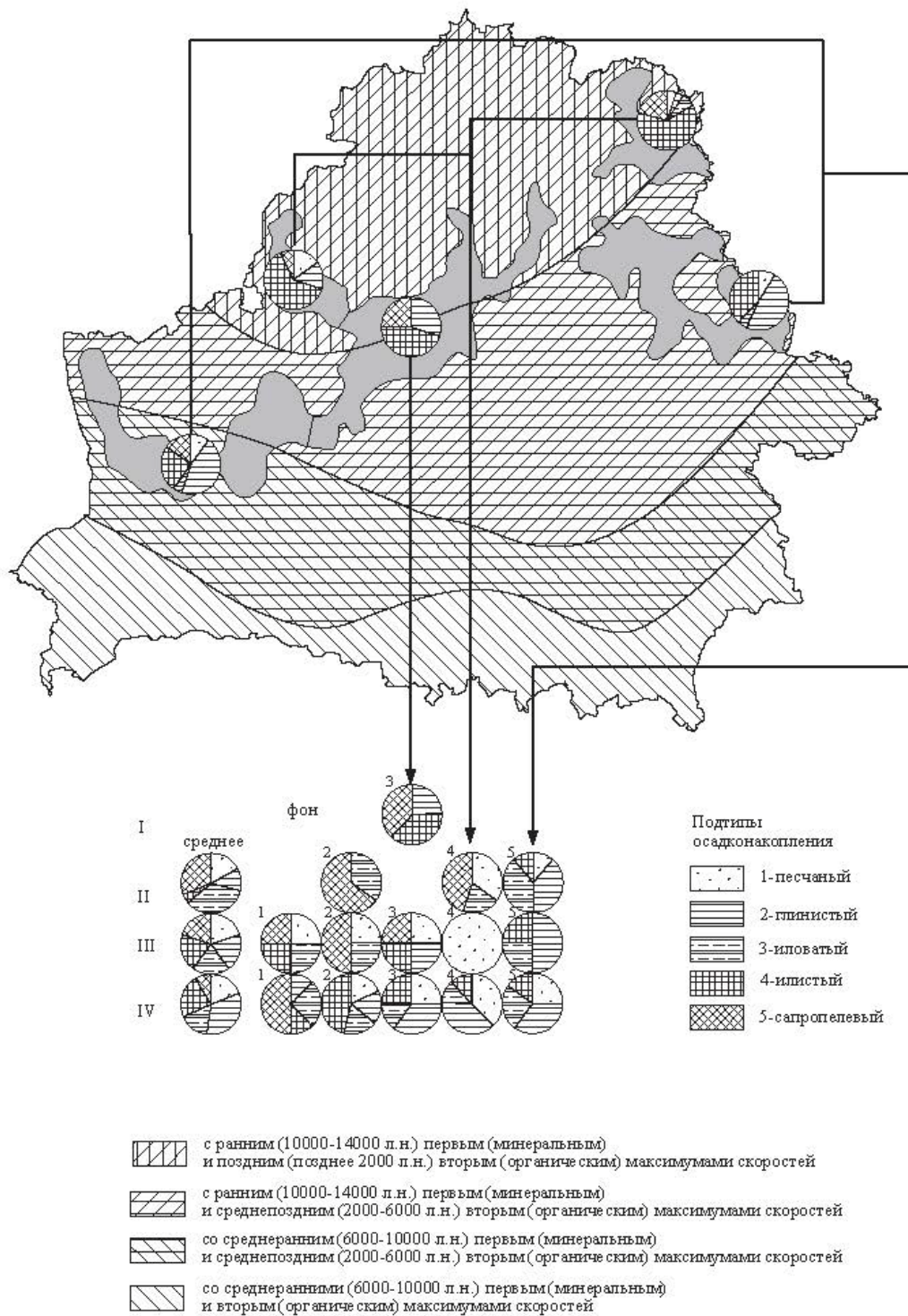
поступательную в течении 800–1200 лет делимнификацию элювиальных ЭЛ, названную О.Ф. Якушко «спуском озер». В сопоставлении с озерами второй и третьей групп этот процесс будет выражен в заболачивании при широком распространении водоупоров [39] и сбросе вод в низины (рисунок 7).



**Рисунок 7 – Соотношения покровов водосборов и аллохтонного материала донных осадков для групп озер автономных элювиальных ЭЛ Беларуси в голоцене**

Седиментация в озерах автономных элювиальных ЭЛ развивается в краевых условиях, и потому ярко отражает природно-климатический импульс [42]. С учетом целостности ландшафтогенеза [5, 43, 44, 45, 46, 47, 48] она имеет прямую связь с ритмами межледникового хроноинтервала и несет как зональные, так и высотно-секторные черты (рисунок 8). Рассмотренные механизмы показывают, что седиментационные структуры и режимы развития водосборов эргодичны. Значит, оценка продолжительности и ритмики денудации [29] по сопряженным процессам [1] – надежный базис для вычленения прогрессивных и реликтовых черт морфологии ландшафта.





**Рисунок 8 – Интенсивность и структура режимов седиментации в лимносистемах элювиальных ЭЛ Беларуси в голоцене**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Страхов, Н.М. Основные черты питания современных внутриконтинентальных водоемов осадочным материалом / Н.М. Страхов // Образование осадков в современных водоемах. – М. : АН СССР, 1954. – С. 35–80.
2. Козлов, Е.А. Оценка структуры осадков и степени заполнения котловин белорусских озер / Е.А. Козлов // Вестн. БГУ. Сер. 2. – 2012. – № 3. – С. 76–81.
3. Глазовская, М.А. Геохимические основы типологии и методики исследования природных ландшафтов / М.А. Глазовская. – М., 1964. – 230 с.
4. Яцухно, В.М. Ландшафтно-эрозионное районирование территории Беларуси / В.М. Яцухно, Ю.П. Качуров, О.Ф. Башкинцева // Вестн. БГУ. Сер. 2. – 1998. – № 3. – С. 63–68.
5. Еловичева, Я.К. Палинология позднеледниковья и голоцена Белоруссии / Я.К. Еловичева. – Минск, 1993. – С. 58.
6. Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность : в 2 кн. / ред. О.В. Смирнова. – М. : Наука, 2004. – Кн. 1. – 479 с.
7. Зерницкая, В.П. Реконструкция хозяйственной деятельности человека в голоцене / В.П. Зерницкая // Наука и инновации. – 2011. – № 9 (103). – С. 16–19.
8. Структура денудации в дренажных бассейнах гумидных равнин / Б.П. Агафонов [и др.]. // Проблемы методологии геоморфологии. – Новосибирск : Наука, 1989. – С. 96–99.
9. Смирнова, О.В. Реконструкция истории лесного пояса Восточной Европы и проблема поддержания биологического разнообразия / О.В. Смирнова [и др.] // Успехи современной биологии. – 2001. – Т. 121, № 2. – С. 144–159.
10. Спиридонова, Е.А. Динамика природной среды Волго-Окского междуречья с I тысячелетия до н.э. по II тысячелетие н.э. / Е.А. Спиридонова, А.С. Алешинская // Российская археология. – 2004. – № 3. – С. 33–43.
11. Басик, С.Н. Субстратные топонимы в структуре топонимического комплекса Белорусского Полесья / С.Н. Басик // Вестн. БГУ. Сер. 2. – 2008. – № 2. – С. 74–77.
12. Кожаринов, А.В. Некоторые проблемы реконструкции эволюции ландшафта (многомерный пространственно-временной анализ ландшафтного покрова Русской равнины в голоцене) / А.В. Кожаринов, Ю.Г. Пузаченко // Ландшафтоведение: теория, методы, региональные исследования, практика : материалы IX Междунар. ландшафт. конф., Москва, 22–25 авг. 2006 г. / под ред. К.Н. Дьяконова [и др.]. – М. : Географический факультет МГУ, 2006. – С. 78–80.
13. Дзерdzeевский, Б.Л. Типовые схемы общей циркуляции атмосферы и индекс циркуляции / Б.Л. Дзерdzeевский, А.С. Монин // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. – 1954. – № 6. – С. 562–574.
14. Бабкин, В.И. Глобальный механизма увлажнения и сток рек Русской равнины / В.И. Бабкин, Р.К. Клиге // Водные ресурсы. – 2005. – Т. 32, № 4. – С. 207–212.
15. Асеев, А.А. Эволюция климата ледниковых эпох в европейской области материкового оледенения и его перигляциальной зоне / А.А. Асеев // Тепловая мелиорация северных широт ; под ред. Г.А. Авсюка. – М. : Наука, 1973. – С. 143–171.
16. Махнач, Н.А., Матвеев А.В. Подземная химическая денудация на территории Беларуси / Н.А. Махнач, А.В. Матвеев // Весці НАН Беларусі. Сер. хім. навук. – 2009. – № 1. – С. 72–76.
17. Козлов, Е.А. Изменение естественного фона седиментации в озерах Бугско-Припятского района в голоцене / Е.А. Козлов // Вестн. БГУ. Сер. 2. – 2012. – № 2. – С. 66–71.

18. Грибко, А.В. Особенности морфологии и закономерности географического распространения эоловых форм рельефа Брестского и Волынского Полесья / А.В. Грибко // Міжнародні відносини. Наук. віс. Волин. нац. ун-ту. – 2009. – № 4. – С. 252–259.
19. Дрозд, В.В. О карстовых явлениях в Белоруссии / В.В. Дрозд // Изв. Всесоюз. геогр. о-ва. – 1964. – Т. 96, Вып. 1. – С. 54–56.
20. Евстигнеев, О.И. Механизмы поддержания биологического разнообразия лесных биогеоценозов : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / О.И. Евстигнеев. – Н. Новгород, 2010. – 48 с.
21. Киселев, В. Зональная принадлежность территории Беларуси с позиций климатогенно-ривалитатной теории / В. Киселев // Географія: праблемы выкладання. – 2001. – № 2. – С. 12–19.
22. Гольева, А.А. Отражение древней поселенческой деятельности в современных почвах / А.А. Гольева // Актуальные проблемы экологии и природопользования : сб. науч. тр. – М., 2011. – Вып. 13, ч. 2. – С. 53–59.
23. Смирнова, О.В. Представления о потенциальном и восстановленном растительном покрове лесного пояса Восточной Европы / О.В. Смирнова, Е.Ю. Бакун, С.А. Турубанова // Лесоведение. – 2006. – № 1. – С. 22–33.
24. Голубчиков, С.Н. Изменение гидроэкологических свойств ландшафтов Центра Русской равнины в результате многовекового лесопользования / С.Н. Голубчиков // Актуальные проблемы экологии и природопользования : сб. науч. тр. – М., 2011. – Вып. 13, ч. 2. – С. 45–53.
25. Мирин, Д.М. Факторы, определяющие высокое биоразнообразие растительности долин ручьев / Д.М. Мирин // Актуальные проблемы экологии. – Гродно, 2005. – Ч. 1. – С. 268–271.
26. Козлов, Е.А. Возможности анализа связи климат-осадконакопление для озер Беларуси в голоцене / Е.А. Козлов // Вестн. БГУ. Сер. 2. – 2010. – № 1. – С. 81–86.
27. Панин, А.В. Флювиальные процессы и речной сток на Русской равнине в конце поздневалдайской эпохи / А.В. Панин, А.Ю. Сидорчук, О.К. Борисова // Горизонты географии. К 100-летию К.К. Маркова. – М. : Географический факультет МГУ, 2005. – С. 114–127.
28. Марцинкевич, Г.И. История хозяйственного освоения и антропогенной трансформации ландшафтов Беларуси / Г.И. Марцинкевич // Материалы Всерос. науч. конф. «Селиверстовские чтения». – СПб., 2009. – С. 688–693.
29. Козлов, Е.А. Исследование деградации постледникового рельефа (на примере полигона УГС «Западная Березина») [Электронный ресурс] / Е.А. Козлов, В.А. Генин // ГИС-технологии в науках о Земле ; под ред. Д.М. Курловича. – Минск : БГУ, 2012. – С. 10–16. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/25702/1/gis-day2012.pdf>.
30. Солнцев, Н.А. Значение цикличности и ритмичности экзогенных ландшафтообразующих процессов / Н.А. Солнцев // Вес. Моск. ун-та. Сер. геогр. – 1961. – № 4. – С. 3–7.
31. Тамошайтис, Ю. Развитие озер в зависимости от их котловин / Ю. Тамошайтис // История озер : тр. Всесоюз. симпоз. по осн. пробл. пресновод. озер. – Вильнюс, 1970. – Т. 2. – С. 451–463.
32. Пидопличко, А.П. Развитие озерно-болотных ландшафтов Белорусского Полесья в голоценовое время / А.П. Пидопличко, А.Г. Дубовец, Т.Ф. Буеракова // Проблемы Полесья. – Минск : Наука и техника, 1975. – Вып. 4, № 1. – С. 277–286.
33. Озерные отложения // Геохимическая характеристика ландшафтов Белорусского Полесья ; под ред. К.И. Лукашева. – Минск : Наука и техника, 1966. – С. 155–163.

34. Бутаков, Г.П. Формирование антропогенно обусловленного наилка на поймах рек Русской равнины / Г.П. Бутаков [и др.] // Эрозионные и русловые процессы ; под ред. Р.С. Чалова. – М. : МГУ, 2000. – Вып. 3. – С. 76–90.
35. Глазовский, Н.Ф. Геохимические и географические основы изучения и сопряженного анализа природных и техногенных потоков / Н.Ф. Глазовский // Ландшафтно-геохимические основы фонового мониторинга. – М., 1989. – С. 15–43.
36. Симонов, Ю.Г. Геоинформационный анализ в исследовании палеогеографических систем / Ю.Г. Симонов [и др.] // Вест. Моск. ун-та. Сер. 2. – 2007. – № 2. – С. 11–15.
37. Добровольский, В.В. Геохимическое земледование / В.В. Добровольский. – М. : Владос, 2008. – С. 149–150.
38. Якушко, О.Ф. Озероведение: география озер Беларуси / О.Ф. Якушенко. – Минск : Наука и техника, 1983. – 223 с.
39. Козлов, Е.А. Географические особенности изменения скоростей накопления торфа Е.А. Козлов // Вест. Брест. ун-та. Сер. 5. Химия. Биология. Науки о Земле. – 2011. – № 1. – С. 79–90.
40. Козлов, Е.А. Индикация седиментогенеза на территории Беларуси в фазы ели за последние 13900 лет / Е.А. Козлов // материалы Всерос. науч. конф. «Селиверстовские чтения», 19–21 нояб. 2009 г. – СПб., 2009. – С. 193–197.
41. Козлов, Е.А. Онтогенез лимносистем в ледниковом комплексе рельефа Беларуси / Е.А. Козлов // Вест. БГУ. Сер. 2. – 2013. – № 1 (в печати).
42. Кудерский, Л.А. Лимногенез в эпохи глобальных покровных оледенений / Л.А. Кудерский // Общество. Среда. Развитие. (ТerraHumana). – 2008. – № 3. – С. 155–166.
43. Якушко, О.Ф. Зональные и провинциальные различия растительного покрова Белоруссии в голоцене / О.Ф. Якушко, Н.А. Махнач, И.И. Богдель // Развитие природы территории СССР в позднем плейстоцене и голоцене. – М. : Наука, 1982. – С. 168–173.
44. Губин, В.Н. Отражение динамики ландшафтов на космических снимках / В.Н. Губин // Структура географической среды и ландшафтное разнообразие Беларуси ; под ред. И.И. Пирожника, Г.И. Марцинкевич. – Минск : БГУ, 2006. – С. 28–37.
45. Парфенов, В.И. Обусловленность распространения и адаптации видов растений на границах ареалов / В.И. Парфенов. – Минск : Наука и техника, 1980. – С. 6–8.
46. Галкин, А.Н. Структурно-геоморфологическое районирование территории Беларуси / А.Н. Галкин // Докл. НАН Беларуси. – 2005. – № 6. – С. 98–100.
47. Мещеряков, Ю.А. Структурная геоморфология равнинных стран / Ю.А. Мещеряков. – М. : Наука, 1965. – С. 225.
48. Современная динамика рельефа Белоруссии / А.В. Матвеев [и др.]. – Минск : Наука і тэхніка, 1991. – 100 с.

***E.A. Kozlov, V.A. Genin. Dependence of Lake Sedimentation Regime of Autonomous Eluvial Landscapes for Belarus***

The conditions and modes of mobilization for substance in eluvial landscapes during the Holocene are shown. The ratio and continuity of sedimentary structures of lakes are represented.

Рукапіс паступіў у рэдкалегію 06.09.2012