

ная зависимость модулей стока наносов от водосборных площадей, до последнего времени считавшаяся главной, в умеренном поясе типична лишь для сельскохозяйственно освоенных территорий. Столь же закономерна прямая зависимость, характерная для естественных и слабо измененных ландшафтов. На симпозиум были также представлены и опубликованы написанные по кавказской тематике тезисы Д. Лилиенберга (Москва) и В. Бойнагряна (Ереван), однако их авторы в симпозиуме не участвовали.

Обсуждение тем симпозиума продолжилось на различных объектах двухдневных экскурсий. В первый день маршрут охватил холмистое предгорье Малых Карпат. Основные темы – эволюция овражной сети и активизация эрозии на этапе коллективизации.

Для обозначения овражных форм использовался английский термин *gully*, что обычно переводится как овраг. Однако такой перевод не точен. Это не только овраг в российском понимании, но и балка, образовавшаяся из прошедшего полный цикл развития оврага в результате его зарастания. Все *gully*, которые мы видели, представляют собой такие балки. Они или расчлениют склон первично, или же, как и всюду в Европе, врезаются в днища мультобразных плейстоценовых балок-деллей. Расчленение таких форм на собственно овраги с обнаженными склонами и их производные – молодые балки с задернованными склонами, как это принято в России со времени В.В. Докучаева, здесь отсутствует. Возможно, это связано с тем, что настоящих оврагов в этой местности почти не осталось; во время экскурсии мы не видели ни одного. Анализ карт различных лет показывает, что овраги в этом регионе появились после обезлесивания между 1782 и 1882 гг., затем путем описанной В.В. Докучаевым и С.С. Соболевым эволюции превратились в молодые балки. По данным местных исследователей, кое-где на распаханых склонах появляются "эфемерные" *gully* – промоины и рытвины, но им, очевидно, не дают возможности превратиться в настоящие овраги.

Маршрут второго дня экскурсий охватил Придунайскую аллювиальную низменность. Основной темой явилась динамика русел Дуная и его притоков. Очень интересны результаты археологических и геоморфологических исследований в нижнем течении левого притока Дуная р. Ваг. Русло этой реки в плейстоцене и голоцене под влиянием тектонического перекоса испытывало неуклонное смещение влево, на восток. Вслед за отступавшим руслом продвигались на восток поселения – от палеолита и мезолита к бронзовому веку, раннему средневековью, XI–XIII столетиям.

Очень динамично меандрирующее русло Дуная. У Братиславы средняя величина боковой эрозии на излучине главного русла 9–12 м/год, на рукаве Малого Дуная – 1–3 м. В эти процессы все в возрастающей степени вмешивается человек, и близ с. Бодики главное русло Дуная искусственно спрямлено и зашлюзовано.

Симпозиум был проведен на высоком организационном и научном уровне. Он отразил одну из важнейших тенденций современного развития геоморфологии, выражающуюся в ее все усиливающейся экологизации. Автор выражает глубокую благодарность Экологическому фонду Республики Татарстан, при поддержке которого осуществилась поездка в Словакию. Посещение Южной Словакии представляло для автора особый интерес, ибо ему довелось в январе – апреле 1945 г. участвовать в боях, завершившихся освобождением Братиславы.

УДК 551.4.435.11(282.243)

© 2001 г. Г.А. ПОСТОЛЕНКО

НОВОЕ В ПОЗНАНИИ ФЛЮВИАЛЬНОГО ПРОЦЕССА¹

Предлагаемая вниманию читателей книга Маргрет Хойсинк посвящена изучению влияния климата и изменяющихся под его воздействием компонентов ландшафта на флювиальный процесс. В ней подводятся итоги исследований этой проблемы на ключевых

¹ *Margriet Huisink*. Changing river styles in response to climate change. Examples from the Maas and Vecht during the Weichselian Pleni- and Lateglacial. Amsterdam. 1998. 127 с.

участках в долинах двух рек Нидерландов – Мааса и Оверайхзельше-Вехт, привлекается материал по долинам других равнинных рек Среднеевропейской равнины, а также рассматривается состояние этой проблемы и верифицируются и уточняются модели связи климатических изменений и изменений речной деятельности, предложенные в последнее десятилетие в западноевропейской научной литературе. Кроме того, цель автора – дальнейшее изучение природы внутренних порогов, независимых от климатических изменений. Интересна книга и с методической точки зрения. Она содержит 5 статей, объединенных введением, заключением и итоговым обсуждением всех материалов.

Работа была выполнена в департаменте четвертичной геологии и геоморфологии факультета наук о Земле университета Врих в Амстердаме. Необходимость этого исследования возникла из-за мощных наводнений, наблюдавшихся в 1993 и 1995 гг. в долине Мааса, а в 1997 г. по всей Европе. Кроме того, автор подчеркивает, что сходство флювиального развития многих долин северо-запада и центра Среднеевропейской равнины указывает на важность колебаний климата как спускового механизма флювиальных изменений. Из всех возрастающе сложных моделей, появившихся в последние годы для объяснения взаимосвязи климатических и флювиальных процессов, предложенная Дж. Ванденберге (куратор данного проекта) в 1993 г. и 1995 гг. нелинейная модель (подробнее о ней несколько позже) представляется автору книги наиболее полной.

Долины рек Маас и Оверайхзельше-Вехт различны по размерам и развиваются в разных тектонических, но одинаковых климатических условиях, что позволяет оценить влияние на флювиальную деятельность как региональных, так и локальных факторов. Площади бассейнов этих рек различаются на порядок (Маас – 33000 км², Вехт – 3700 км²). Кроме того, истоки Мааса располагаются в Арденнах и река пересекает несколько тектонически активных горстов и грабен. Долина Вехта целиком располагается в пределах низменности.

Наибольшее внимание уделено четырем периодам климатических изменений, которые охватывают последнюю часть вейхзельского оледенения, позднеледниковье и переход к голоцену. При анализе использованы хорошо документированные и датированные материалы других авторов по реконструкции климата и растительности этого периода в Нидерландах. Фактический материал был получен в результате двухлетних полевых работ в долине Мааса: мощности отложений установлены по результатам ручного бурения, а структура отложений изучалась на небольших обнажениях и в неглубоких (до 3,5 м) шурфах. Морфология террас и речных русел разных генераций анализировалась по топографическим картам м-ба 1 : 10000. Для оценки влияния тектонической активности уклоны палеодолин определялись с помощью множественного регрессионного анализа. Количество эродированного, аккумулярованного и переработанного материала, мощности отложений и высоты террас были рассчитаны с помощью ГИС и использовались как индикаторы динамики реки. Характер речной сети Мааса и количество переработанного аллювия в различные периоды послужили критериями определения энергии реки, а также роли строения поймы для величины последующего врезания.

В книге приводятся геоморфологические карты ключевых участков в м-бе 1 : 167000, по 3 геолого-геоморфологических поперечника для каждой долины, палеогеографические схемы, содержащие кривые изменений годовых и июльских температур, качественные кривые изменения мерзлотных условий, расходов воды и твердых наносов, а также типов речного русла.

Изученный 30-ти километровый участок долины р. Маас располагается в грабене Венло. Общая ширина долины составляет около 12 км. Ширина современной поймы достигает 2 км, мощность рыхлых отложений по данным бурения – до 13 км.

На этом участке хорошо развиты 5 террас: среднеледниковая, позднеледниковая, 3 позднеледниковых и голоценовое днище. Относительная высота поймы над урезом – 2–3,2 м, превышения в пределах ее поверхности составляют 0,8 м и 1,7 м. В южной части участка превышение первой террасы над поймой составляет 5 м, в северной – кровля голоценовых отложений лежит на уровне кровли позднеледниковых. Следует отметить, что все доголоценовые террасы имеют абсолютную высоту около 10 м и их гипсометрические взаимоотношения укладываются в величины колебаний высот в пределах каждой террасы. Поэтому, следует считать, по-видимому, что все рассуждения автора скорее относятся к геологическим телам, чем к формам рельефа. В геоморфологическом аспекте это единая терраса, но отличительной морфологической чертой участков, трактуемых как разные террасы, является разная форма фрагментов древних русел.

Ключевой участок долины р. Вехт по параметрам и характеру полевого обследования сходен с участком в долине р. Маас. Но здесь обнаружена 1 позднеледниковая терраса. Из-

ложение материала не привязано к террасам, а ведется по стратиграфической последовательности накопления осадка с характеристикой его структурно-текстурных особенностей. Последние интерпретируются согласно классификации Ван Хойстедена, опубликованной в 1990 г., которая основана на значительно меньшем материале: 2 скважины глубиной до 14 м, два поперечных профиля со скважинами ручного бурения глубиной до 7 м, небольшие обнажения позднеледниковых осадков и георадарные данные.

Флювиальная деятельность Вехта изучена для отрезка времени от раннего плейстоцена до голоцена. В позднем ледниковье – голоцене эта долина испытывала изменения, сходные с Маасом. Общая ширина плейстоценового днища Вехта составляет 9–15 км. В позднеледниковье долина была вложена в узкое днище, максимальная ширина сохранившихся фрагментов его составляет 1 км, максимальная ширина голоценовой поймы 1,8 км. Отложения позднеледниковья-голоцена на приведенных профилях занимают до 1,6–1,8 км ширины днища долины. Поверхность голоценовой поймы лежит на 2 м ниже кровли позднеплейстоценового аллювия. Аллювий ее вложен в более древние осадки, в том числе и в позднеледниковый аллювий, кровля которого залегает на тех же отметках, что и плейстоценовые осадки. Мощность позднеледникового аллювия составляет 5,5 м, а мощность голоценового аллювия – 3,5 м.

На основе сопоставления возраста осадков, их положения в долине и структурно-текстурных характеристик автор выделяет в деятельности рек следующие фазы. В течение первой части среднего плейстоцена малозернистая река Вехт отложила толщу пойменных осадков. Отсутствие осадков баров, наличие вложенных в расщелины песков и низкоэнергетические условия могут указывать на аккумулирующую реку. Между 41 и 36 тыс. л. н. активизировались эрозионные процессы, увеличилась энергия реки, но река еще не обладала энергией фуркирующего потока, т.к. присутствуют тонкозернистые пойменные отложения, преобладают залегающие плащеобразно однородные осадки, а не гетерогенные наносы баров и русел. Это говорит о том, что боковая эрозия русла не была активной. Флювиальная система этого времени, возможно, сравнима с эфемерно-аккумулирующей песчаные осадки рекой, как установлено Мол в 1997 г. в восточной Германии в осадках того же возраста. В долине Мааса осадки этого возраста не обнаружены возможно потому, что они были уничтожены в начале позднего плейстоцена.

Переход к наиболее холодной части вейхельского оледенения – позднему плейстоцену – отмечен в долине Вехта четкими изменениями в характере русла – от латерально неактивного, умеренно энергичного к фуркирующему, высоко энергичному. В течение позднего плейстоцена преобладали накопление материала и его переработка. Во второй половине этого периода в обеих долинах началась золотая аккумуляция. Обе реки становились все менее энергичными, и, хотя еще и фуркировали, но занимали меньшую часть поймы, а покинутая часть поймы покрывалась золотыми песками.

Условия седиментации изменились в начале более тепло и влажного позднеледниковья. Обе реки начинают врезаться и фуркирование сменяется меандрированием. Этот процесс продолжался вплоть до формирования в аллереде единого русла, мигрировавшего латерально. Реконструкции в долине Вехта показывают, что максимум его врезания близок к 11,3 тыс. л. н. Здесь также происходят сходные изменения в характере поведения реки – переход от фуркации к меандрированию. Обе реки прореагировали на позднелидовое похолодание сначала врезанием, а затем аккумуляцией в фуркирующей речной системе. Затем эти реки изменили стиль с фуркирующего на меандрирующий в начале голоцена, при этом в начале голоценового потепления произошло врезание, а затем уже седиментация.

Степень энергии реки автор обосновывает также и на расчетных количествах переработанного материала. В голоцене Маас переработал значительно меньше материала, чем в позднеледниковье. После фазы врезания в начале голоцена имела место наибольшая аккумуляция, проявившаяся по всей сети. Меандрирование голоценового Мааса было заметно менее динамичным, чем в аллереде, что связано с уменьшением водности и энергии потока: в голоцене расходы стали намного более регулярными и меньшими по величине.

Сходство изменений в деятельности Мааса и Вехта с деятельностью многих равнинных рек западной Европы, установленных другими исследователями, привело автора к заключению, что эти изменения сопровождалась и наиболее вероятно, являются результатом климатически инициируемых изменений в соотношении расходов воды и наносов. Этот вывод подтверждается изучением тектонической активности в долине р. Маас. Автор приходит к выводу, что проявления тектоники не были существенными для седиментации и морфологических процессов. Характер флювиальной деятельности в долине не зависит от участков с большими или меньшими градиентами тектонической активности. Изменение

уклона прослеживается на двух террасах, что связано с локальной тектонической активностью в грабене Венло – здесь русла более глубоко врезаны, но характер реки не изменен. Вдобавок, меандрирующий в аллереде и фуркирующий в позднем дриасе Маас имел сходный уклон поймы (23,5 и 25,4 см/км), но разные типы русел. Это указывает на то, что характер русловых процессов в долине Мааса определяется не уклонами. Таким образом, тектонически обусловленные изменения уклона дна Мааса не заставляют Маас изменить тип русла и значительно врезаться. Это свидетельствует также о том, что тектоническая активность, локально влияя на глубину врезания, имеет минимальное значение при формировании террас.

Влияние уровня моря на эрозионные фазы также исключается, поскольку в исследуемый период он был на 100 м ниже современного, а береговая линия, соответственно, отстояла очень далеко. Автор подчеркивает, что исключение таких факторов, как влияние уровня моря и тектоническая активность, по-видимому, делает наиболее важными климатические изменения.

Сопоставляя собственные результаты с моделью Дж. Ванденберге, опубликованной в 1993 и 1995 гг., Маргрет Хойсинк вносит ряд уточнений. Согласно Дж. Ванденберге, в нелинейной модели основной причиной изменения характера флювиальной деятельности считается изменение соотношения расходов воды и наносов в связи с колебаниями климата. Врезание преобладает в довольно короткие интервалы, когда происходят изменения климата. В начале холодного периода испарение уменьшается, что ведет к увеличению стока, а растительность еще сохраняется прежней, что обеспечивает стабильность грунтов. Возрастающая водность реки является причиной начала ее врезания. Когда растительный покров нарушается, увеличивается поступление наносов в русло и начинается аккумуляция. В начале теплого периода также начинается врезание, поскольку увеличивается плотность растительного покрова, стабилизирующего грунты, и уменьшается поступление наносов.

Маргрет Хойсинк придает значение скорости становления и деструкции растительного покрова, отражающей резкость климатических изменений. По ее мнению, как только растительность начинает защищать поверхность, начинается врезание, и оно прогрессирует по мере формирования все более плотного растительного покрова (предпочтительно с деревьями), который обеспечивает устойчивость берегов и грунтов. Максимальная глубина врезания достигается, когда растительность превращается в плотный лесной покров. Время, требующееся на развитие такого покрова, различно: в начале позднеледниковья этот процесс занял около 1000 лет, в то время как в начале голоцена развитие шло быстрее. Сочетание более регулярных расходов в голоцене с большей влагоемкостью грунтов объясняет, почему переходная фаза между фуркированием и меандрированием наблюдалась в позднеледниковье, но отсутствовала в голоцене. Таким образом, роль растительности, по мнению М. Хойсинк, более значительна, чем считал Дж. Ванденберге.

Вторая поправка Маргрет Хойсинк заключается в оценке характера реакции рек на потепление и похолодание. Врезание в начале похолодания резкое и относительно сильное, как видно по реакции Вехта и Мааса в позднем дриасе и Хаселло-стадиале. Разная реакция может быть объяснена темпами и характером становления растительности. Время, требующееся на развитие растительности в начале потепления различно. Оно может занять достаточно длительный период на обнаженной поверхности, как в начале позднеледниковья, когда максимум врезания был достигнут Маасом почти 1000 лет спустя после собственно потепления. Отклик на похолодание всегда более быстрый, что объясняется внезапным изменением в характеристиках расходов, проявляющихся в соотношении между количеством наносов и водностью; за быстрой деструкцией растительного покрова следует врезание.

Обращаясь к проблеме природы внутренних флювиальных пороговых ситуаций, М. Хойсинк, вслед за Дж. Ванденберге, считает, что реки реагируют на климатические изменения только тогда, когда внутренние пороги превышены. Важнейшим фактором, определяющим изменения во флювиальных процессах, является растительный покров на пойме и междуречьях. По мнению автора, климатические изменения, которые не имеют значительного влияния на растительность, не отражаются и во флювиальном процессе. Изотопно-кислородная кривая Гренландского ледникового щита указывает на существование множества теплых и холодных периодов в среднем плейстоцене, которые, однако, не сопровождалась изменениями ни в растительном покрове, ни во флювиальной деятельности. Холодный период в среднем плейстоцене – Хаселло-стадиал – имел значительное влияние на растительный покров: произошла его деструкция на поймах и, вероятно, на междуречьях. В развитии Вехта он проявился фазой врезания. Некоторые

климатические изменения были так значительны (например, в начале позднего плейстоцена, позднеледниковья и голоцена), что флювиальный отклик на них фиксируется в строении долин почти всех рек Среднеевропейской равнины. Другие климатические изменения или коротки, или недостаточно сильны (начало Хаселло-стадиала и поздний дриас), так что пороговая ситуация была пройдена не на всех реках.

Сравнение Вехта и Динкеля (приток Вехта в верхнем течении) показывает, что только Вехт изменил стиль своих флювиальных процессов в ответ на похолодание Хаселло-стадиала. Эрозионная фаза около 40 тыс. л.н. опознаваема в обеих долинах, но подтверждение изменений в сторону более энергичной флювиальной деятельности в долине Динкель не было найдено. Очевидно, пороговая ситуация была преодолена только в долине Вехта, но не в верхнем течении долины Динкель. Объяснение этого явления состоит в том, что пороги связаны с размерами бассейна стока. Большая площадь бассейна Вехта обусловила большие площади отложения золотых песков и, таким образом, большее количество поступающих наносов. Доказательство низкой энергетической активности среднеплейстоценового Мааса не было обнаружено, т.к. либо аллювий этого времени был уничтожен в позднем плейстоцене, либо потому, что Маас оставался фуркирующим. Мол, в работе 1997 г., суммировавший данные о типах рек на равнинах Европы, отметил низкоэнергетическую или эфемерную аккумуляцию в фуркировавших в среднем плейстоцене реках.

Фактор уклона долин и размера зерен аллювия, как полагает автор, не должен играть важную роль в превышении пороговых ситуаций, что хорошо видно на примерах Мааса и Вехта. Изменение деятельности Мааса в позднеледниковье не было предопределено изменением уклона долины. Контрастирующие типы рек, такие, как высоко извилистая река в аллереде и фуркирующая в позднем дриасе, имели сходные уклоны. Более того, местные увеличения уклонов, такие, как на террасе беллинг, где уклон возрос с 28 до 40 см/км, не проявились в изменении типа реки. Далее, Вехт изменил свой тип около 40 тыс. л.н., а Динкель нет, хотя размерность аллювия в обеих долинах была сходной. Маас и Вехт показывают сходное развитие с позднего плейстоцена до голоцена, хотя средняя крупность материала Мааса сравнительно более грубая.

Рассмотренные в книге палеогеоморфологические и палеопотамологические исследования очень ценны для познания флювиального процесса. Следует отметить, что в целом картина изменения типа седиментации в позднеледниковье в исследованных двух долинах – формирование констративной, затем перстративной толщ, сменяющееся эрозионным врезом – подтверждает представления геоморфологов и геологов-четвертичников советской школы о динамических фазах формирования аллювиальных свит.

В то же время, исследование носит больше геолого-седиментационную направленность, чем геоморфологическую, поскольку автор почти не касается морфологических результатов деятельности русел и, констатируя аккумуляцию или врезание, не указывает на ранг откликов речной сети и масштабы образующихся форм рельефа. Надо отметить, что приведенный фактический материал не свидетельствует о существенном врезании речных потоков в ответ на потепление. На протяжении всего позднеледниковья происходила, судя по условиям залегания разновозрастных толщ на приведенных разрезах, аккумуляция, которая в аллереде сменилась перстративной фазой развития реки. Поэтому выделение в долине Мааса трех позднеледниковых террас вызывает недоумение, поскольку на приведенных профилях, где вертикальный масштаб превышает горизонтальный в 100 раз, поверхности всех этих террас образуют единый уровень, а различия в высотах между ними лежат в пределах относительных высот микрорельефа. Пойма имеет четко выраженное вложение голоценовой толщи аллювия в гипсометрически более низкую поверхность, ограниченную четким уступом. В сущности именно так трактует автор строение долины Вехта, где практически все отложения, образующие позднеледниково-голоценовую поверхность, техногенно нарушены, относительные превышения незначительны – нет того микрорельефа, что в долине Мааса. В то же время, пойма морфологически четко выражена – она располагается на 2 м ниже позднеледниковой поверхности и имеет ширину около 1,5 км. Ее аллювий вложен в позднеледниковый и плейстоценовый. Залегание же отложений позднеледниковья носит характер констративного и (или) перстративного аллювия. Такое же залегание имеет позднеледниковый аллювий в долине Мааса – это настилаемый аллювий, седиментация которого носит чешуйчатый характер. В сущности именно это и вычитывается из рисунков автора, графически изображающих изменения флювиального типа во времени. Это означает, что существенное углубление долины и кардинальная перестройка ее рельефа произошли на рубеже холодной и теплой эпох, в

сухую климатическую эпоху оформилась цикловая терраса и начало формироваться новое днище. Река углубилась столь значительно, что даже за время в 3 раза превышающее позднеледниковье, она не заполнила вреза, а сформировала новое днище. Автор не говорит о времени этого углубления долины и не отмечает его отличие от тех эфемерных врезов в беллинге и аллереде, результаты которых нивелировались одновременной аккумуляцией. Наиболее важный процесс в долине в это время, судя по тексту – формирование золотых отложений, постепенность перехода аллювиальных отложений в золотые в аридных условиях позднего дриаса, резкое сужение днища, в пределах которого работает река.

По данным геологически полных аллювиальных разрезов известно, что именно в сухую климатическую эпоху, при переходе от холодного к теплому полуритму, в пограничье между климатическими ритмами время, формируется тот врез в долинах, благодаря которому морфологически оформляются цикловые террасы. В представленной работе такие условия были в позднем дриасе и на это время приходится существенное углубление долины. Об этом свидетельствует то, что аллювий этого возраста отсутствует в долине, а голоценовый аллювий лежит значительно ниже позднеледникового.

Другим недостатком работы представляется то, что автор не придает должного значения аридности (или влажности) климата. Указывается на развитие в долинах в аридных условиях золотых процессов, сокращение расходов воды, существенное сужение поймы (большая ее часть занимается золотыми песками), снижение энергии русла, остающегося фуркирующим. Автор не учитывает, что в это время не только меняются расходы воды и наносов, но и сам характер паводков, не выходящих, по-видимому, за пределы русла и имеющих полукатастрофический (полуселевой) характер, эрозионная деятельность которых значительно более высока. По нашим данным, флювиальная деятельность более тесно увязывается с показателями влагообеспеченности, чем с теплообеспеченностью. И в противоположность утверждению М. Хойсинк, в период господства лесной растительности, т.е. в максимум влагообеспеченности, происходит накопление аллювия и расширение днища. Формируются относительно тонкие осадки в аллювиальной свите, что соответствует типу выветривания, господствующему в этот период. Именно в этих осадках наиболее полно фиксируются спорово-пыльцевым анализом климато-ландшафтные характеристики, что свидетельствует и об относительной непрерывности седиментации.

Некоторые разночтения, вероятно, были бы сняты, если бы автор объяснила имеющиеся различия в масштабах ритмики изменений. Кратковременные колебания, укладываемые в известные потепления и похолодания, проявляются, вероятно, в изменениях такого ранга, которые при современной детальности исследований, не могут быть обнаружены в аллювии.

В целом же, рассмотренное исследование обогатило наше знание типов русловой деятельности равнинных рек для позднеледниковых и голоценового хронологических интервалов, а также важно для понимания характера связи флювиального процесса с климатом. Оно представляет для геоморфологов многоплановый интерес, не только теоретический и методический, но и информационный, дающий представление о состоянии изученности этой проблемы в западноевропейской науке.