

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 551.312.3

К. М. БЕРКОВИЧ

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ
ФОРМИРОВАНИЯ БАЗАЛЬНОГО ГОРИЗОНТА АЛЛЮВИЯ
НА РАВНИННЫХ РЕКАХ

В основании аллювиальных толщ, как правило, залегает горизонт, состоящий из крупного материала и называемый базальным горизонтом аллювия. Его обнаружение важно для стратиграфического расчленения аллювиальной толщи, для поисков россыпей полезных ископаемых, которые концентрируются в этих горизонтах аллювия. Наличие в разрезе нескольких слоев крупнообломочного материала позволяет судить о цикличности процесса формирования речных осадков. Изучение базальных отложений современного русла имеет также большое значение для проектирования землечерпательных и выправительных работ в целях улучшения судоходных условий рек.

В литературе широко бытует представление о том, что формирование базального горизонта аллювия, залегающего в основании любой аллювиальной толщи, происходит непременно при врезании реки, при преобладании глубинной эрозии над боковыми смещениями русла (Шанцер, 1951; Ламакин, 1948; Карташов, 1958; Лаврушин, 1961; Горецкий, 1947, 1964 и др.). Так, Е. В. Шанцер (1951) считает, что отложения, соответствующие базальной фации аллювия, образуются у вогнутого берега излучины, где господствует эрозия и где могут скапливаться только остаточные продукты разрушения берегов и ложа реки. В. В. Ламакин (1950) называет подобные отложения, образующиеся при поступлении в русло неоднородных по крупности обломков пород, остаточно-речными, или перлювиальными, противопоставляя их аллювию. Ю. А. Лаврушин (1961) связывает образование базальных валунно-галечных слоев на Енисее преимущественно с размывом подстилающих русло моренных валуников. По представлениям И. П. Карташова (1958, 1967), «плотиковая» фация аллювия возникает при переходе реки от стадии врезания к стадии динамического равновесия (от инстративной к перстративной фазе В. В. Ламакина), когда в долине формируется аллювий такой мощности, что его нижние горизонты не затрагиваются потоком даже во время высоких паводков и возникают литологические различия между верхними и нижними слоями аллювия.

Изучение особенностей речной гидравлики и русловых процессов показывает, что формирование базального горизонта аллювия не связано с фазами врезания или аккумуляции реки. Как известно, речное русло характеризуется чередованием перекатов и плёсов, обусловленным закономерностями грядового движения наносов. Глубины плёсов, особен-

но на равнинных реках, могут в несколько, а иногда и в десятки раз превосходить глубину на перекатах.

Характерной особенностью режима глубоких плёсов является значительное увеличение в них скорости течения в половодье и замедление течения в межень. В период нарастания расходов воды в половодье в транспорт вовлекаются всё более крупные частицы наносов (Егиазаров, 1970) до тех пор, пока не останутся частицы, которые не могут быть сдвинуты даже в высокое половодье. Для их перемещения требуются исключительные скорости, наблюдающиеся в глубоких плёсах при половодьях, повторяющихся раз в 25—100 лет. Для Средней Оби и Лены максимально возможные скорости течения достигают 2,5 м/сек. Данные, приводимые Ц. Е. Мирцхулава (1967), позволяют подсчитать, что в обычных условиях поток этих рек не может транспортировать частицы крупнее 30—40 мм. На Верхней Амурье при ее очень больших скоростях в половодье, превышающих 4—5 м/сек, критическая крупность обломков составляет около 400 мм. Если в зоне взаимодействия потока с дном и берегами русла имеются обломки пород большего размера, то независимо от направленности эрозионно-аккумулятивного процесса в плёсах будет происходить формирование базального горизонта.

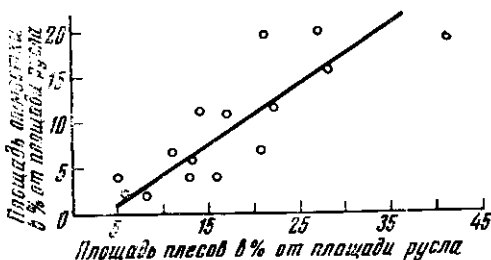
Источники формирования крупного обломочного материала базального горизонта аллювия могут быть различными. Во-первых, это обломки, принесенные с вышележащих участков реки льдом (Лебедев, 1956; Федоров, 1958) или в результате аллювиального эффекта (Экспериментальная геоморфология, 1969). Во-вторых, немаловажную, а на некоторых реках ведущую роль играет материал местного происхождения: элювий коренных пород, продукты перемыва берегов и ложа реки, делювий склонов и т. п. Если в процессе глубинной эрозии грубообломочный материал местного происхождения получается преимущественно за счет размыва дна, то при аккумуляции он образуется в результате боковой эрозии.

Исследования среднего течения Оби показали, что длительное время в ее долине преобладал процесс аккумуляции, в ходе которой в русле и на пойме отлагался ежегодно слой осадка мощностью около 0,53 мм (Маккавеев, Чалов, 1963). Накопление аллювия происходило на фоне пестрого строения коренного ложа реки, которое характеризуется распространением скальных песчаников, сланцев и гранитов, а также средне- и нижнечетвертичных валунно-галечных отложений и глин. Песчано-сланцевые породы и граниты отличаются высокой трещиноватостью, которая способствует дезинтеграции пород в зоне выветривания. Мощность зоны повышенной трещиноватости и разрушения пород, усиленных выветриванием под руслом Оби, достигает 3—4 мм. Высокая степень разрушенности скальных пород, подстилающих русло, обнаружена и на многих других реках (Лыкошин, 1959; Молоков, 1959; Белов, 1936; Доманский, 1935; Ковалевский, 1932; Моисеев, 1935 и др.). Кровля коренных пород очень неровная, так как глубина проникновения выветривания мало согласована с формами аллювиального рельефа русла. В районах, где скальные породы погружены под толщу молодых рыхлых отложений, поставщиками крупнообломочного материала для формирования базального горизонта служат обрывы высоких надпойменных террас, основания которых сложены валунно-галечным материалом. В результате бокового размыва берегов этот материал попадает в русло (Русловой режим Средней Оби, 1969). Аналогичные геологические условия характерны для нижнего течения Лены, где преимущественная часть обломочного материала представлена продуктами размыва дна и берегов у основания уступов высоких надпойменных террас, сложенных галечниками и конгломератами.

Исследования современных донных грунтов, а также геологического строения подводных частей русла и прирусловых отмелей показали, что

каменистая и валунно-галечная отмостка занимает от 10 до 22% площади русла Оби, причем она приурочена главным образом ко дну глубоких (более 5 м) плёсов, которые занимают в среднем 16% площади русла. На разных участках площадь крупнообломочного материала, выстилающего дно реки, колеблется от 1 до 20% площади участка и зависит от площади плёсов (рис. 1). На участках с относительно глубоким залеганием скальных и галечно-валунных грунтов развита толща современного аллювия, накопленного на перекатах и в плёсах. Для гранулометрического состава аллювия характерно укрупнение вниз по разрезу от мелкозернистого песка со средним диаметром частиц 0,20 мм до песча-

Рис. 1. График связи площади плёсовых ложин с площадью галечно-щебнистой отмостки



но-галечной смеси с содержанием гальки до 70%. Можно привести следующий типовой разрез современного руслового аллювия в зонах выхода коренных пород (сверху вниз).

1. Песок средний, с небольшой примесью глинистых частиц, мощность от 1,0 до 8,9 м.
2. Песок гравелистый, с незначительной примесью глинистых частиц, мощность от 0,7 до 6,7 м.
3. Песчано-галечная смесь с содержанием гравия и гальки до 65%, мощность от 1,5 до 15,0 м.
4. Слабоокатанные обломки гранитов, песчаников, сланцев со значительной примесью глинистых частиц, мощность от 0,3 до 4,0 м.
5. Трещиноватые, «разборные» коренные породы.

Высокие значения мощностей аллювия соответствуют перекатам, минимальные мощности аллювия и наиболее крупные его фракции отмечаются в самых глубоких плёсах. В последних песчаные и песчано-галечные слои иногда отсутствуют. Дно в них выстлано слабоокатанными и плохосортированными обломками коренных пород (рис. 2).

Плёсы и перекаты медленно перемещаются по течению реки, а также могут смещаться в поперечном направлении в связи с блужданием русла по дну долины и подмывом коренных берегов. В результате образуется более или менее сплошной горизонт базальных отложений, который не всегда имеет горизонтальное заложение, так как глубина плёсов и отметка их дна могут меняться в связи с конкретными особенностями руслового процесса и общей тенденцией изменения продольного профиля реки.

Таким образом, преобладающая часть материала, формирующего современный базальный горизонт в условиях как аккумулярующей (Средняя Обь), так и врезающей (Нижняя Лена) реки, получается в основном за счет выветривания и разрушения скальных пород, слагающих ложе и берега. Целостность базального горизонта аллювия может быть нарушена, возникают так называемые «висячие» базальные слои, нередко встречающиеся в четвертичном аллювии надпойменных террас Оби и других сибирских рек (Березкина, 1959). Образование «висячих» линз и слоев крупнообломочного материала может быть вызвано циклическими изменениями направленности развития продольного профиля реки, связанными с колебаниями нормы стока. Н. И. Маккавеев и Р. С. Чалов (1970) установили, что изменение нормы стока в связи с рит-

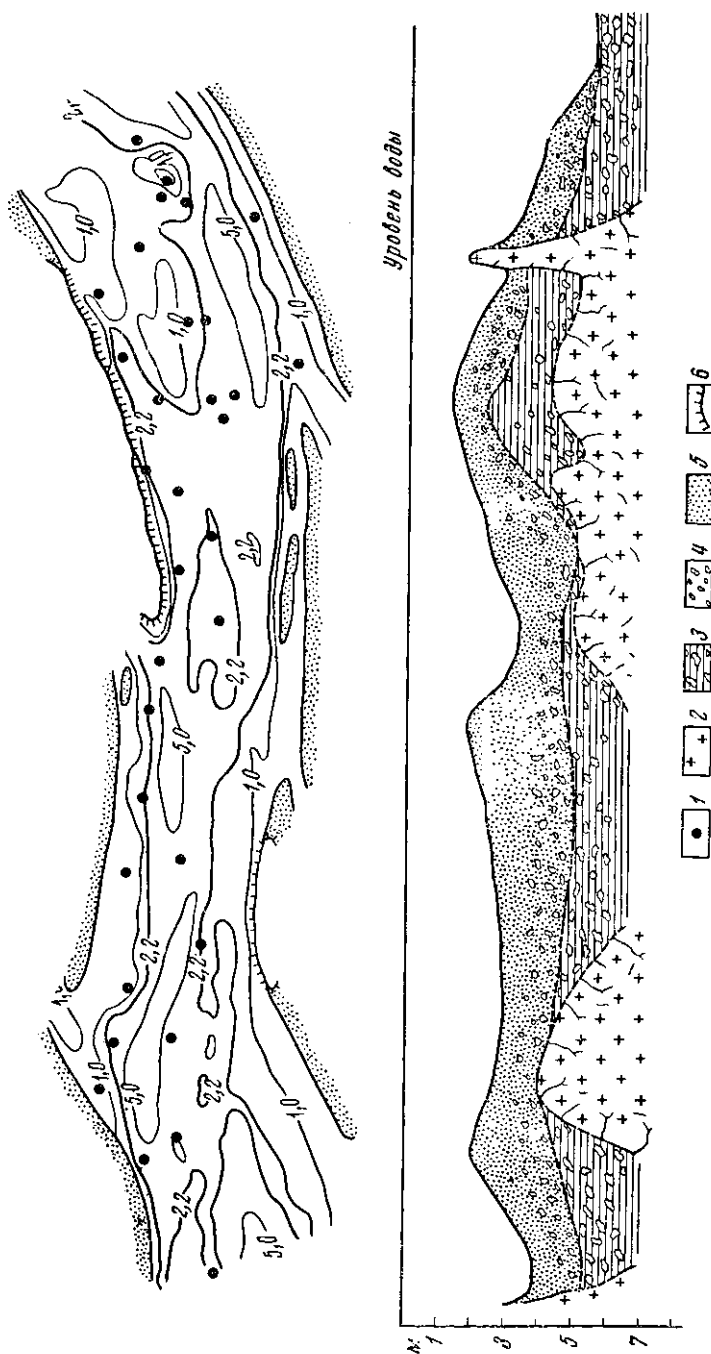


Рис. 2. План и осредненный геологический разрез участка русла Оби

1 — места расположения скважин; 2 — трещиноватые коренные породы; 3 — обломки коренных пород в толще глин и илов; 4 — примесь гравия, гальки и щебня в песчаном аллювии; 5 — аллювиальные пески; 6 — уступы поймы

мами увлажнения материков приводит к перестройкам морфологии русла и поймы того или иного участка, причем эти перестройки неоднозначны для разных участков реки и связаны с конкретными особенностями каждого участка. Так, сухая фаза цикла способствует аккумуляции и повышению дна долины на Верхней Оби и, наоборот, врезанию и сужению полосы весенних размывов на Средней Оби. Сформировавшийся в период углубления русла в глубоких плёсах горизонт обломочного материала в процессе аккумуляции и повышения отметок русла погребается песчаным аллювием и сохраняется в геологическом разрезе в виде

линзы или прослоя. Другой горизонт базального аллювия формируется на новом уровне плёсовых ложин, отвечающем фазе развития продольного профиля. Циклические неоднократные смены режимов аккумуляции и врезания могут привести к существованию в разрезе нескольких горизонтов базальных отложений.

Изучению процессов изменения горных пород на дне речных долин уделяется незаслуженно мало внимания, тогда как их роль в формировании базального горизонта велика. На интенсивное выветривание пород, подстилающих ложе реки, указывал Ю. А. Билибин (1956). Известно, что физико-химическое изменение горных пород во многом зависит от наличия трещиноватости (Черняховский, 1968). В подводных условиях интенсивность процессов разрушения пород определяется в первую очередь явлениями адсорбирования воды в порах и трещинах с образованием прочных водных пленок. Давление адсорбированной воды на стенках трещин достигает нескольких тонн на 1 см^2 , в результате чего трещины расширяются и это приводит к дезинтеграции породы.

Кроме такого физического воздействия происходит химическое взаимодействие воды с адсорбентом, выражающееся в процессах окисления, катионного обмена и гидролиза, тесно связанных между собой. Результаты анализа процессов подводного выветривания, проведенного В. Г. Рихтером (1955), показали, что в породе увеличивается количество гипохлоритической воды и полоторных окислов (железа и алюминия), уменьшается нерастворимый осадок.

Третьим видом выветривания, играющим, по-видимому, большую роль в подводных условиях, является изменение состава горных пород, происходящее в результате жизнедеятельности микроорганизмов. Если судить по количеству микроорганизмов в единице объема грунта, то биологическое выветривание в водоемах протекает более интенсивно, чем на суше. Установлено, что в 1 г грунта на дне водоема содержится от 10^2 до 10^6 различных микроорганизмов, причем особенно ими насыщена граница фаз (грунт — вода). Биомасса микроорганизмов в осадках континентальных вод составляет до 15% органического вещества, что на порядок превышает биомассу бактерий в органическом веществе почвы. Внедряясь в глубь горной породы по порам и трещинам, бактерии способствуют потере прочности породы по ряду поверхностей, в результате чего даже слабое механическое воздействие (например, турбулентная пульсация давлений) может привести к отделению обломков. Исследования М. А. Мессиневой (1960) в русле р. Москвы показали, что численность микроорганизмов и их качественный состав зависят от сезона года. Наибольшее их количество наблюдается осенью (от 7,2 до 40 млн. на 1 г грунта), а наименьшее — сразу после половодья (от 172 тыс. до 1,2 млн. на 1 г грунта).

Особый интерес представляет вопрос о формировании глинистых слёев и линз в базальном аллювии, которые местами встречаются на равнинных реках. По данным З. Н. Барановской (1958), своеобразный глинистый базальный горизонт формируется в зонах распространения глинистых пород в русле Дона. Он отличается от подстилающих его глин содержанием гравия, гальки, прослоев песка и рядом физико-механических показателей (удельным весом, плотностью, консистенцией). Характерно спорадическое расположение глинистого базального горизонта, привязанного к местам выходов глин, что указывает на малую разносимость глинистого материала. Крупнообломочный материал, слагающий базальный горизонт, обычно сильно насыщен пелитовыми частицами независимо от того, как он образован — в результате выветривания скальных пород или перемиыва галечников. Подобное явление отмечал и Ю. А. Билибин (1956), который указывал, что самые нижние горизонты «плотикового» аллювия плотно сцементированы мелкими частицами. Ю. А. Билибин подчеркивает, что речные наносы, слагающие основание

аллювиальной толщи, представляя собой отложения наиболее высоких и мощных половодий. Ряд исследователей (Карташов, 1958; Лунев, 1967; Шанцер, 1951) объясняют глинистость «плотикового» аллювия отсутствием поймы при врезании реки и своеобразным слиянием руслового и пойменного аллювия. С. С. Воскресенский (1968) высказывает предположение, что базальный горизонт аллювия приходит в движение при катастрофических половодьях, повторяющихся раз в 20—50 лет, а высокая мутность потока половодья способствует обильному накоплению глинистого материала на дне глубоких плёсов. Необходимо отметить, что не только и не столько высокая мутность потока при катастрофических паводках, а прежде всего их крайне редкая повторяемость является основной причиной глинистости базального горизонта. Например, на Средней Оби в последнее десятилетие уровни половодья были относительно невысокими, вследствие этого в движение приходил небольшой слой обломочного материала, залегающего на дне плёсов, и глинистость современного базального горизонта достигла больших значений. Местами формируются линзы глин и илов, приуроченные к самым глубоким плёсам. На дне последних создаются застойные зоны (Маккавеев, 1955; Барановская, 1958), которые служат ловушками для мелких фракций наносов. Наряду с этим наиболее глубокие депрессии речного ложа крайне редко промываются водами половодья, которые встречают здесь уже уплотнившийся илистый грунт.

Илистый тонкодисперсный материал обладает своеобразным свойством постепенно уплотняться и цементироваться, что повышает его противэрозионную устойчивость. По данным ряда исследователей, достаточная прочность глинистого осадка в водоемах достигается уже через несколько дней. Опыты Б. М. Гуменского (1965) показали, что относительная прочность структурных связей зависит от минералогического состава глин. Относительно устойчивый структурный скелет образуется в гидрослюдах и коалинитах за 15 суток, а в монтмориллонитах — за 20—30 суток. Наблюдения за тиксотропными изменениями в глинистых грунтах показали, что через 500 ч (21 сутки) с начала опыта предельное сопротивление сдвигу возросло до 40 г/см^2 . По данным Ц. Е. Мирцхулава (1967), такой прочности глин соответствует предельная неразмывающаяся скорость — около $0,72 \text{ м/сек}$. За период летней и зимней межени (9—10 месяцев) глинистый осадок упрочится настолько, что неразмывающие скорости для такого грунта превысят $2,00 \text{ м/сек}$ (Маккавеев, 1955). Ил накапливается в плёсах не один сезон, и прочность его еще более возрастает; вместе с тем он частично консервируется и предохраняется от размыва песками перекатов, перемещающимися вдоль по реке и перекрывающими осадки плёсов. Поток высокого половодья, встречая «бронированную» уплотнившимися илами поверхность дна, промывает новую борозду ближе к одному из берегов, и линза сохраняется в геологическом разрезе аллювиальной толщи.

ЛИТЕРАТУРА

- Барановская З. Н. О глинистом базальном горизонте аллювия.— Бюлл. научн.-техн. информ. Гидропроекта, № 4, 1958.
 Белов И. В. Вторая Магнитогорская плотина (на р. Урал).— Гидротехн. стр-во, № 3, 1936.
 Березкина Г. М. Литологические особенности кайнозойских отложений Томского Приобья. М., Изд-во Моск. ун-та, 1959.
 Билибин Ю. А. Основы геологии россыпей. М., Изд-во АН СССР, 1956.
 Воскресенский С. С. Формирование приплотиковых горизонтов аллювиальных отложений.— В сб.: Вопросы морфолитогенеза в речных долинах. Чита, Изд-во Забайкальск. фил. Геогр. о-ва СССР, 1968.
 Горецкий Г. И. Об одном способе палеогеографических реконструкций элементов пойменного ландшафта.— Вopr. географии, сб. 3, 1947.
 Горецкий Г. И. Аллювий великих антропогенных прарек Русской равнины. М., Изд-во АН СССР, 1964.

- Гуменский Б. М. Основы физико-химии глинистых грунтов и их использование в строительстве. М.—Л., Стройиздат, 1965.
- Доманский В. Е. Пало-Коргская водосливная плотина (Беломоро-Балтийский канал).— Гидротехн. стр-во, № 4, 1935.
- Егiazаров И. В. Образование и разрушение самоотмостки русла и его последствия.— В сб.: Движение наносов в открытых руслах. М., «Наука», 1970.
- Карташов И. П. О плотниковой фации аллювия.— Колыма, № 1, 1958.
- Карташов И. П. Основные закономерности рельефообразующей деятельности рек.— В сб.: Методы геоморфологических исследований, т. 1. Новосибирск, 1967.
- Ковалевский А. А. Характеристика основных сооружений гидроэнергетической установки (Днепрогэс).— Гидротехн. стр-во, № 4, 1932.
- Лаврушин Ю. А. Типы четвертичного аллювия Нижнего Енисея.— Тр. Геол. ин-та АН СССР, вып. 47, 1961.
- Ламакин В. В. О динамической классификации речных отложений.— Землеведение, новая серия, т. III (XLIII), 1950.
- Лебедев В. Г. Речной лед как геоморфологический фактор.— Изв. Всес. Геогр. о-ва, т. 88, вып. 1, 1956.
- Лунев Б. С. Дифференциация осадков в современном аллювии.— Уч. зап. Пермск. ун-та, № 174, 1967.
- Лыкошин А. Г. Павловская плотина на р. Уфе.— Геология и плотины, т. 1. М.—Л., Госэнергоиздат, 1959.
- Маккавеев Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне.— М., Изд-во Моск. ун-та, 1955.
- Маккавеев Н. И., Чалов Р. С. О морфологических признаках современной аккумуляции в речной долине.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., № 3, 1963.
- Маккавеев Н. И., Чалов Р. С. Некоторые особенности дна долин больших рек, связанные с периодическими изменениями нормы стока.— Вопр. географии, сб. 79, 1970.
- Мессинева М. А. Микробиологическая характеристика грунтов р. Москвы.— В сб.: Биоценозы обрастаний в качестве биопоглопителя. М., Изд-во Моск. ун-та, 1960.
- Мирицхулава Ц. Е. Размыв русел и методика оценки их устойчивости. М., «Колос», 1967.
- Моисеев С. Н. Карагуновская плотина на р. Ингулец.— Гидротехн. стр-во, № 12, 1935.
- Молоков Л. А. Каховская плотина на р. Днепре.— Геология и плотины, т. 1. М.—Л., Госэнергоиздат, 1959.
- Рихтер В. Г. Об изменениях в химическом составе песчаников при подводном выветривании.— Докл. АН СССР, 1955, т. 103, № 5.
- Русловый режим Средней Оби. М., ВИНТИ, 1969.
- Федоров В. П. К вопросу о геоморфологической деятельности речного льда.— Вопр. географии полярных стран, вып. 1. М., 1958.
- Черняховский А. Г. Некоторые вопросы физического и физико-химического выветривания.— Кора выветривания, вып. 10, 1968.
- Шандер В. В. Аллювий равнинных рек умеренного пояса и его значение для познания закономерностей строения и формирования аллювиальных свит.— Тр. Геол. ин-та АН СССР, вып. 135, 1951.
- Экспериментальная геоморфология, вып. II. М., Изд-во Моск. ун-та, 1969.

Географический факультет
МГУ

Поступила в редакцию
24.IX.1971 г.

SOME SPECIAL FEATURES OF ALLUVIAL BASAL HORIZON FORMING ON RIVERS OF PLAIN AREAS

K. M. BERKOVITCH

Summary

Study of fluvial processes and river bed structure elucidates the special features of formation of coarse sediments in deep reaches; the sediments form the basal horizon of alluvium both during deep erosion and accumulation stages of river valley development. The coarse debris of the basal horizon come from the valley slopes, are brought with river ice and prepared by subfluvial weathering (including biological). High percentage of clay particles as well as clay lenses and partings in the basal alluvium are the result of long existence of the stagnant water in deep reaches and rare action of stream at the sediments.