

# LAVA FLOWS INFLUENCE ON VALLEYS STRUCTURE AND RIVER NETWORK DEVELOPMENT

E.V. LEBEDEVA

*Institute of Geography RAS, Moscow, Russia*  
*e-mail: Ekaterina.Lebedeva@gmail.com*

## Summary

Observations in various volcanic regions revealed the features of the interaction of lava covers and river flows. The specific structure of the lava flows – the presence of lava tubes considerable length – leads to the fact that waterways can use these voids within the lava flow and in some cases watercourse continues under lava that filled his valley. As a result sometimes younger alluvium may lie not only above, but under more ancient lavas, as well as in their cavities. So it's necessary to be careful to define the age of lavas and alluvium on their mutual bedding. New incisions on the surface of lava covers are formed not only in their marginal parts – on contact with the less resistant rocks that has been well studied, but also: 1) in embryonic valleys – downhill oriented fallings between lava flows, 2) above lava tubes in places of their roofs collapse and 3) in the cracks, which contribute to the concentration of underground waters.

**Keywords:** volcanic processes, lava flow, lava tube, embryonic valleys, waterfall, underlava drainage.

doi:10.15356/0435-4281-2016-3-78-91

УДК 551.435.326→556.557(567)

© 2016 г. Д.А. СУБЕТТО<sup>1,2</sup>, Ал. НУАИРИ Б.Х.<sup>2</sup>, В.М. ФИРСЕНКОВА<sup>2</sup>, В.В. БРЫЛКИН<sup>2</sup>

## ДИНАМИКА БЕРЕГОВ ВОДОХРАНИЛИЩА ХАМРИН (ИРАК)

<sup>1</sup>*Ин-т водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия*

<sup>2</sup>*Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена,  
С.-Петербург, Россия*  
*e-mail: subetto@mail.ru*

Водохранилище Хамрин отличается необычной формой, большой площадью зеркала, небольшой глубиной и значительными колебаниями уровня. Интенсивное заиление водохранилища обусловлено поступлением материала с твердым стоком реки и со склонов котловины, в днище которой оно находится. В сезон дождей по руслам временных водотоков выносятся материал, откладывающийся на конусах выноса в подножии склонов. В зимне-весенний период наполнения водохранилища, при высоком уровне стояния воды и усилении волновой деятельности образуются различные формы подводного и надводного берегового рельефа. Они нивелируются сельскохозяйственной техникой, эрозийными и эоловыми процессами. В летний сухой сезон часть акватории осушается. Аккумулятивные процессы развиваются при слабой волновой деятельности; большую роль при этом играет размокание песчано-глинистого материала, слагающего нижние части подводных береговых склонов. Осушенная часть вовлекается в сельскохозяйственное производство. Ежегодное обновление рельефа береговой зоны стимулирует активность абразионно-аккумулятивных, антропогенно-ускоренных эрозийных и естественных склоновых процессов, поэтому скорость отступления берегов не снижается. Антропогенно-природная система водохранилища находится, в стадии активизации, когда еще не сформировались устойчивые связи между новым рельефом и факторами внешней среды, поэтому интенсивность переформирования берегов не снижается, и заиление водохранилища будет продолжаться.

**Ключевые слова:** водохранилище Хамрин (Ирак), эрозийные процессы, переформирование берегов.

В Ираке, как и в других аридных областях, одной из важнейших экологических проблем является проблема водных ресурсов. Для ее решения в последние десятилетия в стране было построено несколько крупных наливных водохранилищ на основных источниках поверхностных вод Ирака – реках Тигр и Евфрат, а также на их притоках общей площадью зеркала 6880 км<sup>2</sup>, объемом – 149.2 км<sup>3</sup>. Водохранилище Хамрин, созданное на р. Дияла – левом притоке Тигра (рис. 1), занимает четвертое место по

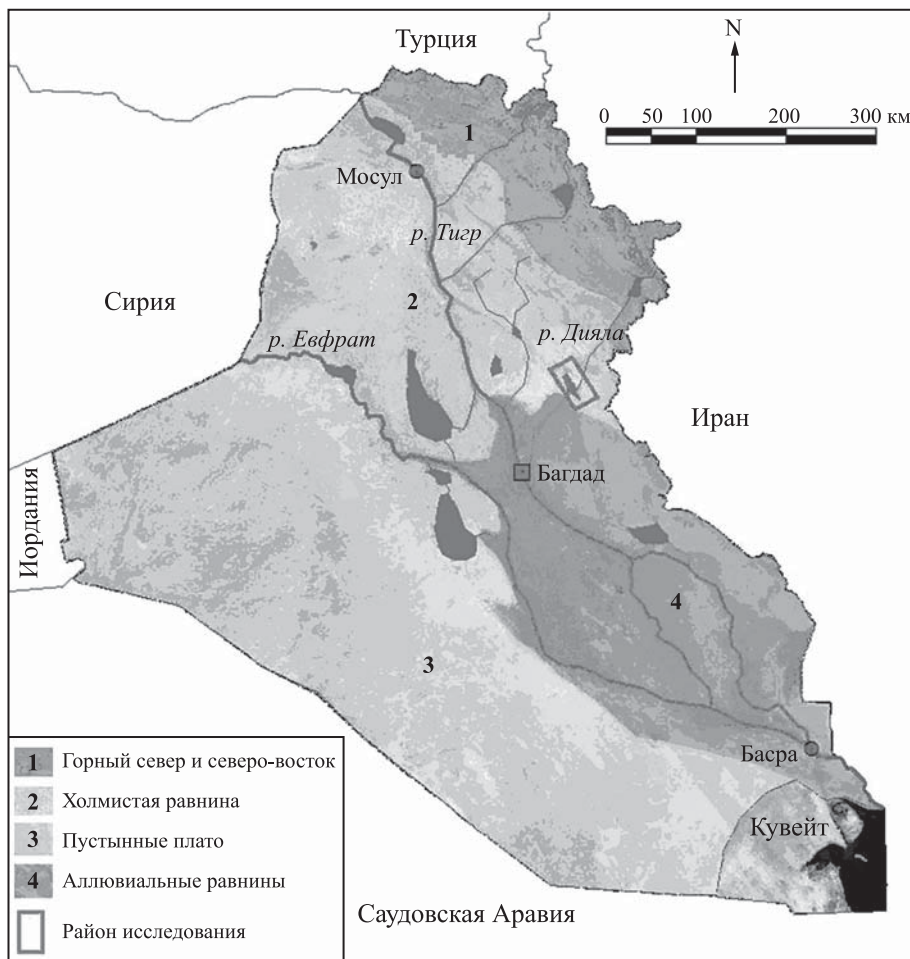


Рис. 1. Географическое положение вдхр. Хамрин

площади зеркала (487 км<sup>2</sup>) из десяти наиболее крупных водохранилищ Ирака и шестое место по объему (3.56 км<sup>3</sup>) [1].

В верхнем течении р. Дияла протекает по территории Ирана. Она берет начало в горах Загрос и довольно полноводна за счет преимущественно снегового питания. В Иране на Дияле построено несколько водохранилищ, воды которых используются для орошения. В Ираке на границе с Ираном находится вдхр. Дербендехан, также аккумулирующее талые снеговые воды. Ниже его, в среднем течении сток реки формируется под влиянием многочисленных временных водотоков. Климат этой области субтропический средиземноморский континентального типа с годовой суммой осадков 279 мм, выпадающих крайне неравномерно. Летом, с июня по сентябрь осадков практически нет, а с октября их количество возрастает до 75 мм в январе. Также наблюдаются значительные колебания и годовой суммы осадков. В многоводные годы выпадает до 360 мм, а в маловодные – 180–190 мм.

Реки наполняются в зимний сезон дождей, а летом пересыхают, поэтому режим р. Дияла носит ярко выраженный сезонный характер и отличается крайней неравномерностью. В среднемгодовом половодье приходится на март–апрель, когда расход составляет 250 м<sup>3</sup>/с. В маловодные годы расход воды снижается до 100–60 м<sup>3</sup>/с, в много-

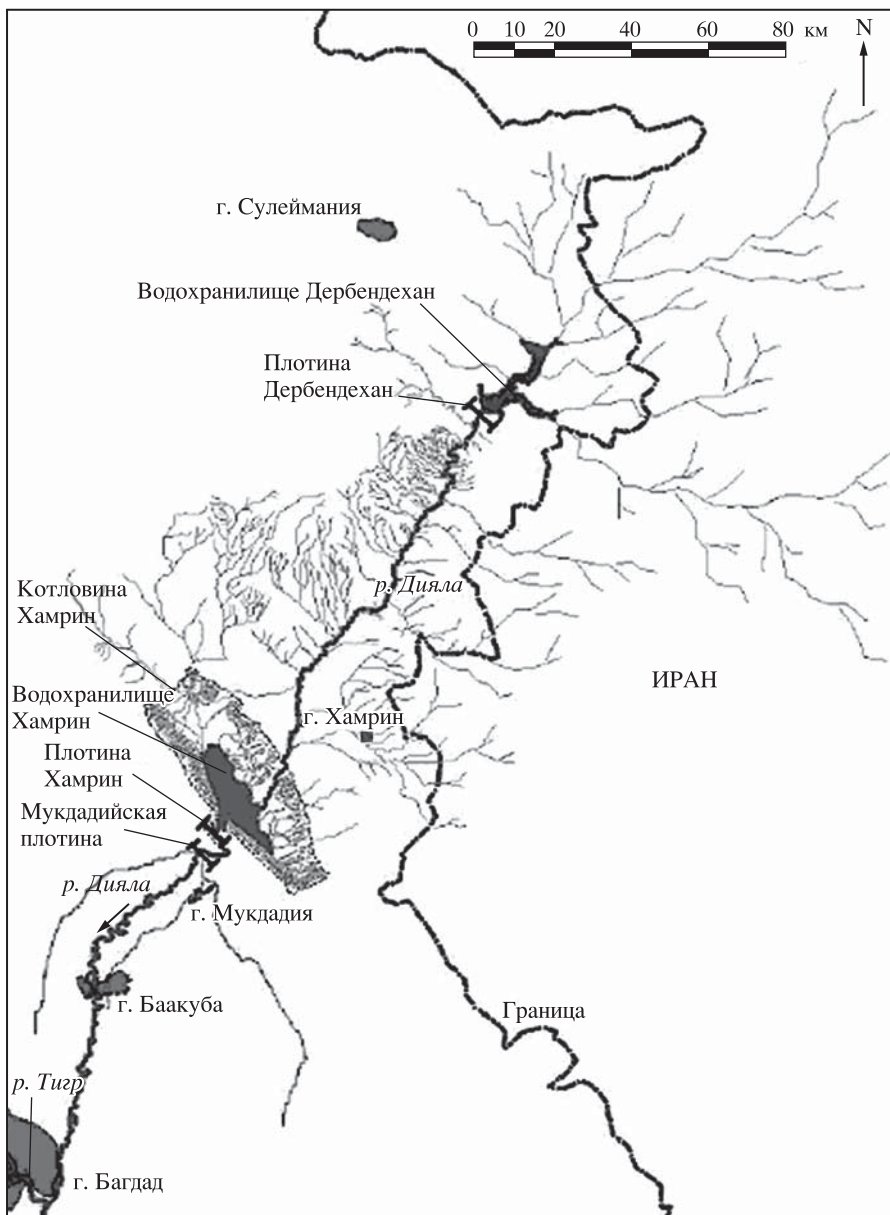


Рис. 2. Каскад водохранилищ на р. Дияла

водные годы увеличивается до 700–900 м<sup>3</sup>/с и более. В зависимости от водности может смещаться время половодья на январь–февраль и даже иногда на ноябрь–декабрь. Резкое увеличение в сезон дождей объема стока приводит к наводнениям, часто катастрофическим. Одно из таких катастрофических наводнений произошло в Багдаде в 1974 г. Для защиты столичного региона от наводнений и селей, регулирования водоснабжения населения, выработки электроэнергии и орошения в 1981 г. на р. Дияла было построено водохранилище. Считается, что вдхр. Дербендехан практически не влияет на водный баланс вдхр. Хамрин, поэтому площадь его водосбора оценивается в 12 760 км<sup>2</sup> (рис. 2) [2].

Водохранилище имеет необычную форму, обусловленную особенностями геолого-геоморфологического строения территории [3–6]. В среднем течении Дияла протекает по холмистой равнине Эль-Джазира с абс. отметками 200 м, повышающейся к северу до 450 м. Ее однообразную поверхность местами пересекают низкие хребты, образовавшиеся на контакте горной системы Загрос и Месопотамского прогиба. Наиболее возвышенную часть Эль-Джазиры – равнину Джебель-Хамрин, занимающую междуречье Тигра и Диялы, на востоке ограничивают невысокие (180–220 м) хр. Хамрин и Наодуман, между которыми находится котловина Хамрин. Эти низкие окраинные хребты предгорий ориентированы с СЗ на ЮВ в соответствии с общим направлением таковых основной системы Загроса. На СЗ и ЮВ она также ограничена еще более низкими хребтами и прогнута в центре, так как здесь ее пересекает глубинный разлом, освоенный р. Дияла.

Котловину Хамрин длиной 63 км, шириной 13–25 км, глубиной в центральной части до 130 м часто называют долиной, но последний термин, как правило, применяется для эрозионных форм. Поэтому в дальнейшем мы будем придерживаться названия котловина Хамрин, чтобы не путать ее с эрозионными долинами. Прорезая хр. Хамрин и Наодуман, река выработала глубокие ущелья, а в днище котловины сформировала речную долину шириной до 2.5 км.

Плотина перекрыла русло реки в ущелье, пересекающем хр. Хамрин, поэтому затопило не долину реки выше по течению, а днище внутригорной котловины. Образовалось водохранилище озерного типа, но сильно вытянутое по ширине (до 49 км) при длине 17 км (рис. 2). В зоне затопления оказалось почти 40% (487 из 1239 км<sup>2</sup>) площади котловины Хамрин.

Помимо необычной формы водохранилище отличается тем, что его невозможно отнести к какому-либо одному типу, выделяемому в отечественной литературе [7–10]. Оно сочетает в себе черты равнинных, предгорных и горных водохранилищ. Большая площадь зеркала и площадь затопления земель на единицу объема и напора, небольшая средняя (7 м) и максимальная (22 м) глубины, большие изменения площади зеркала при колебаниях уровня и интенсивная переработка берегов сближает его с равнинными водохранилищами. Как и предгорным водохранилищам, ему свойственны высокие (около 100 м) и крутые берега (16–20 до 26–30 м и более), значительная глубина сработки (до 10 м). Интенсивное заполнение наносами сближает его с горными водохранилищами, что является основной проблемой в процессе его эксплуатации.

В горные водохранилища мелкозем приносят реки, берущие начало в ледниках, и почти нет материала со склонов, в строении которых преобладают скальные породы. В вдхр. Хамрин со склонов поступает почти столько же материала, сколько приносит река. Это объясняется, прежде всего, тем, что хребты сложены не твердыми кристаллическими породами, а смятыми в складки плиоценовыми конгломератами, песками и аржиллитами, перекрытыми коллювиально-делювиальными, пролювиальными и аллювиальными осадками разного механического состава (гравий, галька, песок, алевроиты и глины). Во-вторых, длинные (4–7 до 17 км) и крутые склоны хребтов почти лишены растительности. Все это определяет развитие физического выветривания в сухой летний сезон и эрозионных процессов в зимний сезон дождей. Эрозия проявляется в форме плоскостного смыва и линейного размыва с образованием промоин и густой сети неглубоких (2.0–3.0 м), шириной до 3.0 м и сравнительно коротких (около 200 м) оврагов. К хр. Наодуман примыкает плато высотой около 100 м, сложенное гипсосодержащими песками, расчлененное эрозией почти до бедленда. Вследствие делювиальных процессов продольный профиль склонов приобретает волнистый характер. Наиболее крутые верхние участки склонов подвержены обвалам, особенно сухие подветренные склоны хр. Хамрин. Более влажные и пологие наветренные склоны хр. Наодуман помимо промоин и оврагов прорезаны руслами временных водотоков, в устьях которых в подножии хребта образовались конусы выноса, слившиеся в подгорный пролювиальный шлейф.

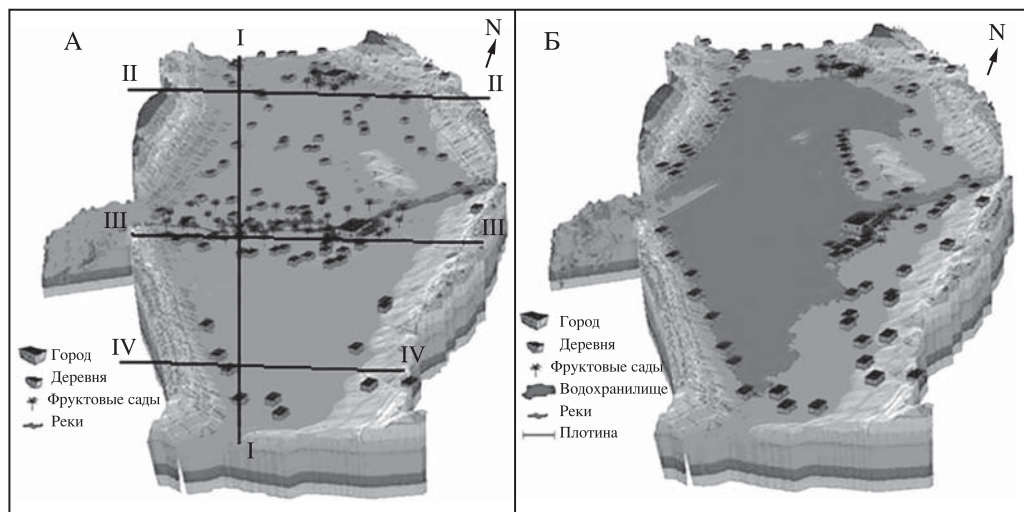


Рис. 3. 3D модели рельефа (А – до создания водохранилища, Б – после создания водохранилища)  
 Профили: I – продольный, II–IV – поперечные

Несмотря на сравнительно небольшой уклон (0.65 м/км от северо-западного края к центру и 0.92 м/км от юго-восточного края) в днище котловины также развиваются эрозионные процессы, в основном плоскостной смыв. Это связано с тем, что котловина Хамрин издавна была освоена человеком, где население занималось неполивным земледелием и скотоводством. Днище и конусы выноса распахивались, что вызвало развитие на них антропогенно ускоренной эрозии. Средние и верхние части склонов как непродуктивные земли в сельскохозяйственное производство не вовлекались.

Для анализа динамики антропогенно-природных геоморфологических процессов в котловине Хамрин были использованы материалы космической съемки с искусственных спутников Landsat 1 – MSS 1973 г., Landsat 5 – TM 1990 г., Landsat 7 – +ETM 2000 г., выполненной в разных спектральных каналах с пространственным разрешением 30 м, и радиолокационной съемки (ASTER, 2003 г). В результате автоматизированного дешифрирования снимков была составлена серия тематических карт, в том числе крутизны и экспозиции склонов, морфологии котловины Хамрин. В дальнейшем на базе геоинформационных систем Arc CIS 9.3, ERDAS IMAGING 8.4, Surfer 8, Global Mapper 7 были созданы цифровые модели рельефа и других компонентов ландшафта [11].

Сравнение продольного и поперечных профилей долины (рис. 3, 4) показало, что за 32 года существования водохранилища сокращение длины склонов составило от 1.0–2.0 до 4.0 км и увеличилась их крутизна. При этом характер продольных профилей склонов изменился незначительно. Выпуклые склоны приобрели слабовыпуклый продольный профиль, прямые склоны сохранили свою прямолинейность. Однако на склонах появилась ступенчатость, видимо, обусловленная развитием селективной денудации. На этом основании можно предположить, что рыхлые склоновые отложения почти удалены, и процессы развиваются на разных по степени устойчивости к размыву породах. Вследствие заполнения ложа водохранилища наносами произошло выравнивание днища котловины и значительное его расширение [12–13].

Высокая интенсивность переформирования берегов водохранилища обусловлена как перечисленными природными факторами, так и особенностями гидродинамических процессов в самом водоеме. Одним из основных факторов, влияющих на динамику берегов, служат колебания уровня воды, представленные в таблице 1 и на рис. 5.

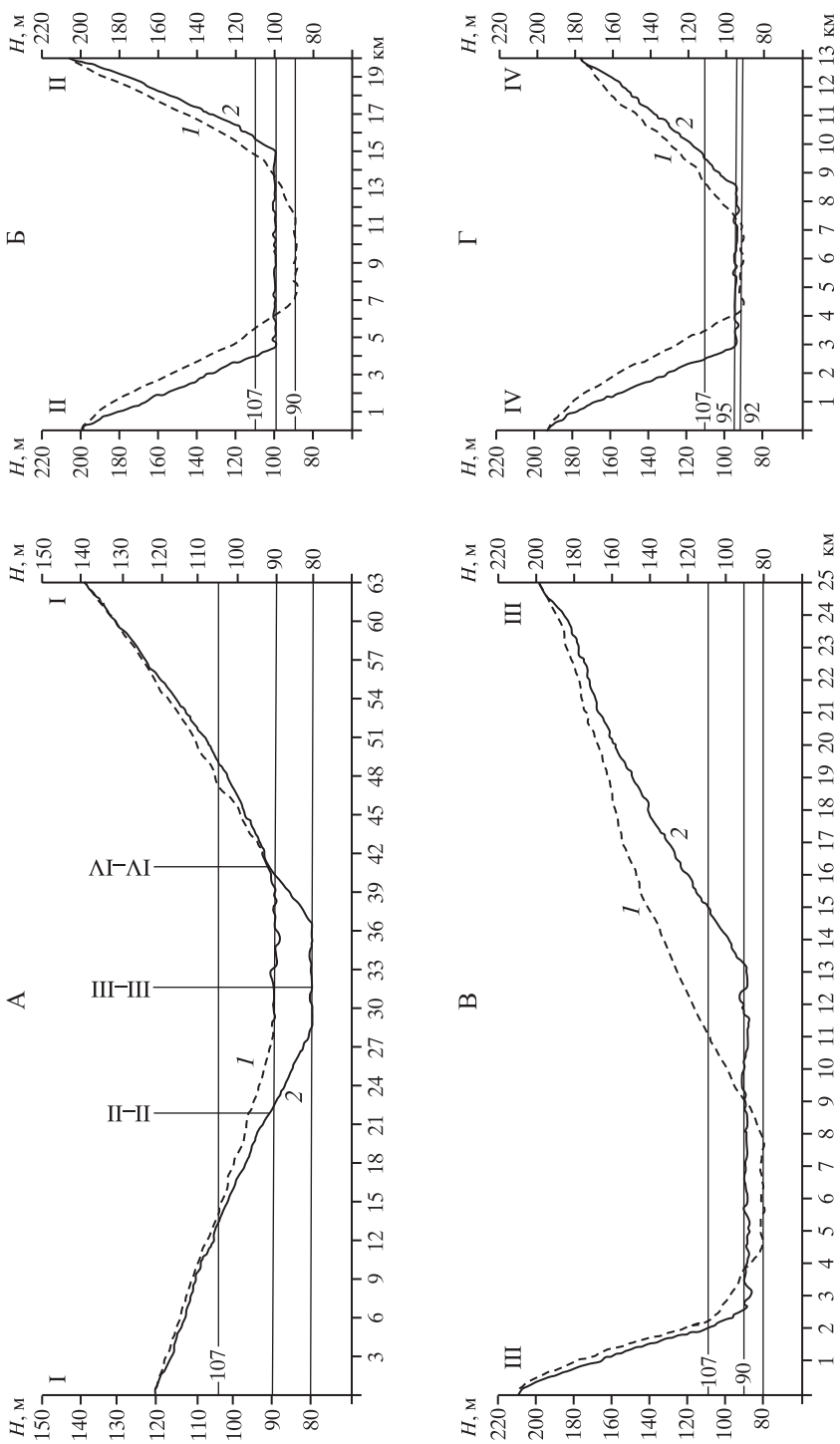


Рис. 4. Продольный (А) и поперечные (Б–Г) профили долины Хамрин:  
 1 – до создания водохранилища, 2 – после создания водохранилища.  
 Профили: I – продольный, II–IV – поперечные. Положение профилей см. рис. 3

## Межгодовые колебания уровня водохранилища Хамрин

Годы	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Макс.	97.4	97.4	97.3	94.0	101.3	98.4	102.6	105.5	101.8	99.9	98.0
Мин.	93.5	94.3	93.5	90.0	93.2	93.4	95.9	98.9	92.1	93.2	93.2
Ампл.	3.9	3.1	3.8	4.0	8.1	5.0	6.7	6.6	9.7	6.7	4.8

Годы	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Макс.	103.9	101.6	104.0	104.4	101.2	97.4	104.4	99.0	93.6	97.4	100.6
Мин.	96.8	93.3	95.6	96.8	93.6	94.2	97.3	90.1	91.2	91.0	95.2
Ампл.	7.1	8.3	8.4	7.6	7.6	3.2	7.1	8.9	2.4	6.4	5.4

Годы	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Среднее
Макс.	102.8	102.6	102.2	101.3	98.0	93.9	94.5	99.7	98.7	99.7	100.0
Мин.	99.4	96.6	97.0	97.2	92.5	84.8	86.9	95.1	94.2	93.0	93.8
Ампл.	3.4	6.0	5.2	4.1	5.5	9.1	7.6	4.6	4.5	6.7	6.0

Из таблицы и графика хода среднегодовых и экстремальных уровней воды следует, что за время существования водохранилища максимальные уровни не превышали НПУ (нормальный подпорный уровень) (107.5 м). Среднегодовой уровень водоема составляет 100 м. Близкие к среднему значения наблюдались в 1990 г. (99.9 м), в 2010 и 2012 гг. (99.7 м). В многоводные годы вода в водохранилище поднималась до абсолютных высот 101.3–104.4 м, а в самом многоводном 1988 г. его уровень достиг отметки 105.5 м. В маловодные годы водохранилище наполнялось до отметок 94.0–97.0 м. Минимальный уровень отмечался в 2000 и в 2008 гг. (93.9 м).

Глубина сработки на уровне среднегодовых значений (6.0 м) отмечалась однажды в 2004 г. Уровень водохранилища при этом снизился до отметки 93.8 м. В 16 случаях глубина сработки была выше средних значений и достигала наибольшей величины (9.7 м) в 1989 г., а в 15 случаях – ниже средних значений. Минимальная глубина сработки (2.4 м) наблюдалась в 2000 г. Внутригодовые колебания уровня составляют максимум 9.7 м, а межгодовые колебания достигают 14.5 м.

Как и на других водохранилищах озерного типа, переформирование берегов происходило преимущественно под влиянием волновых процессов. Развитие ветрового волнения определяется скоростью, направлением и продолжительностью воздействия ветра на водную поверхность. Сравнительно небольшой размер водохранилища, особенно при малой воде, небольшая глубина и слабые ветры не способствуют развитию сильного ветрового волнения.

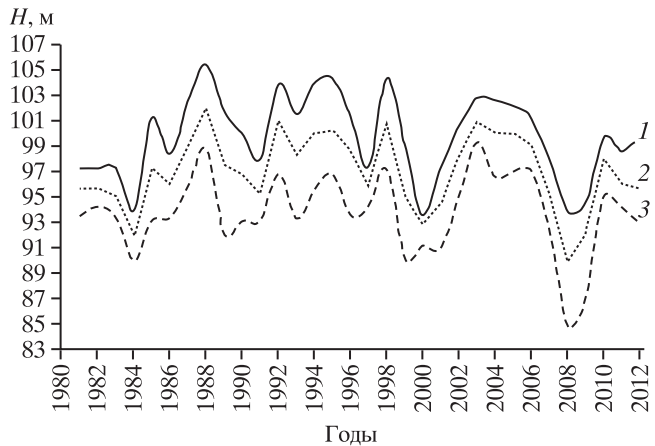


Рис. 5. Межгодовые колебания максимального (1), среднего (2) и минимального (3) уровней вдхр. Хамрин

Повторяемость высоты волн в водохранилище Хамрин

Высота волн, м	Ноябрь–январь	Февраль–апрель	Май–июль	Август–октябрь
<0.5	75	34	65	72
0.5–1.0	20	46	28	24
1.0–1.5	5	18	7	4
>1.5	0	2	0	0

По данным метеостанции Ханакин в котловине, ориентированной с СЗ на ЮВ господствуют северо-западные (32%), западные (18%) и северные (18%) ветры. На долю ветров других румбов приходится всего 32%. Скорость ветра мало меняется в течение года и в среднем составляет около 2.0 м/с. С января по июнь скорость ветра возрастает, достигая максимальных значений (2.4 м/с) в апреле, затем снижается до 1.5 м/с в ноябре–декабре. Постоянные ветры, хотя и с небольшой скоростью, вызывают на водной поверхности незначительное, но постоянное волнение (табл. 2).

Из таблицы следует, что в течение года на водохранилище преобладают невысокие (<0.5 м) волны, повторяемость которых увеличивается в период низкой воды в ноябре–феврале и августе–октябре. Повторяемость волн высотой 0.5–1.0 м возрастает в период высокой воды и при усилении скорости ветра в феврале–апреле. Штормовое волнение с высотой волн более 1.5 м бывает крайне редко. Считается, что незначительное, но постоянное ветровое волнение оказывает часто более существенное влияние на переформирование берегов, чем сильный, но редкий шторм [7].

В зимне-весенний сезон при высоком уровне водохранилища и повышенном ветровом волнении образуются разнообразные формы надводного и подводного берегового рельефа. В летний сухой сезон, даже при средних значениях глубины сработки уровня, в таком мелководном водоеме осушается почти половина его ложа, и эти территории вовлекаются в сельскохозяйственное производство. В зоне осушки механическое воздействие сельскохозяйственной техники, эрозионные и эоловые процессы нивелируют элементы берегового рельефа, созданные при высоком уровне воды. Абразионно-аккумулятивные процессы развиваются на низком уровне при слабой волновой деятельности, поэтому переформирование берегов происходит, видимо, при ведущей роли размочания пород песчано-глинистого механического состава, накопившегося в нижней части подводных береговых склонов.

Смещение зон абразии и аккумуляции происходит также вследствие больших колебаний уровня водохранилища в разные по водности годы. Постоянно меняющийся базис эрозии определяет дальность выноса пролювия в акваторию. Она может достигать первых сотен метров, толщина слоя – десятков сантиметров, а площадь несколько тысяч квадратных метров. В маловодные годы при низком уровне стояния воды в устье Диялы образуется дельта, увеличиваются высота и площадь конусов выноса, появляются новые конусы выноса. Эти формы могут оставаться морфологически хорошо выраженными в течение нескольких недель, месяцев и даже лет.

В маловодные годы незатопленные участки ложа водохранилища также распахиваются. Часть подводного берегового склона, таким образом, подвергается антропогенно ускоренной эрозии, как в течение двух сезонов в маловодные годы, так и в течение одного сезона в многоводные годы, по мере снижения уровня водоема от весны к лету. В результате в этой части периодически осушаемой зоны сформировалась сеть оврагов, густота которой, рассчитанная по методике [14], составляет 1524 м/км<sup>2</sup> на склонах и 1074 м/км<sup>2</sup> в днище [15].

Ежегодное обновление рельефа береговой зоны ниже НПУ стимулирует активность и абразионно-аккумулятивных процессов, и антропогенно ускоренных эрозионных, каждый год развивающихся в новых условиях. В результате берега водохранилища



отстают со средней скоростью 30–60 до 130 м/год, в зависимости от характера береговой линии и продольного профиля склонов. Аналогичные скорости отступления берегов зафиксированы на многих равнинных водохранилищах в первые годы после их создания, в частности – на Куйбышевском [16].

Выше НПУ, вне зоны непосредственной волновой деятельности берега водохранилища развиваются под влиянием естественных обвальных и эрозионных процессов. Ослабление устойчивости подножий склонов вызывает активизацию склоновых процессов в их средних и верхних частях. Скорость отступления склонов хр. Хамрин на уровне 140 м составляет 6.0–25.0 м/год, хр. Наодуман – 16.0–50.0 м/год; на уровне 160 м – соответственно 6–25 и 12.5–25.0 м/год.

В результате совместного действия абразионно-аккумулятивных, антропогенно ускоренных эрозионных и естественных денудационных процессов в водохранилище со склонов ежегодно поступает около 10 млн т твердого вещества. Почти столько же приносит р. Дияла (около 10.3 млн т). Через створ плотины выносятся всего 98.5 тыс. т [17]. Таким образом, в водохранилище остается ежегодно около 20.2 млн т материала. Если исходить из того, что зона осушки периодически становится зоной размыва, то при сработке уровня до 96 м абс. аккумуляция материала происходит в акватории площадью 228 км<sup>2</sup>. При условии равномерного распределения наносов на такой площади за все время существования водохранилища накопилось около 3.0 м осадков, что составляет почти половину его глубины. Однако материал откладывается в днище крайне неравномерно. В наиболее глубокой приплотинной части водоема за это время накопилось около 10 м осадков.

### Заключение

Морфология котловины Хамрин и преобладание легко размываемых пород создают предпосылки для развития склоновых процессов, ведущими из которых являются обвалы и эрозия. Резко выраженная сезонность выпадения осадков и большие колебания годовой их суммы от года к году определяют неравномерность развития склоновых процессов в пространстве и времени. В течение продолжительного сухого сезона интенсивное температурное выветривание вызывает обваливание наиболее крутых верхних участков склонов. В зимний сезон дождей, выпадающих в виде коротких ливней, формируется поверхностный сток, производящий значительную эрозионную работу в виде плоскостного смыва и линейного размыва. Густая сеть промоин и оврагов прорезает склоны долины, особенно наветренные склоны хр. Наодуман. В днище долины и в подножии склонов аккумулируется делювиально-пролювиальный материал, образуются пролювиальные конуса выноса, а в понижениях происходит незначительная биогенная аккумуляция (рис. 6А).

С появлением водохранилища в днище глубокой котловины началось активное реформирование его берегов в условиях распространения рыхлых песчано-глинистых отложений, подверженных размоканию, значительных колебаний уровня, слабого, но постоянного ветрового волнения. Колебания уровня по сезонам года и от года к году приводят к тому, что периодически осушается значительная часть акватории. На рис. 6Б показано, что при снижении уровня до отметки 96 м абс. в долине происходит перераспределение площадей воздействия геоморфологических процессов разных типов. Резко снижается площадь распространения абразионно-аккумулятивных процессов и увеличивается площадь развития эрозионных и аккумулятивных процессов. Река Дияла при впадении в водохранилище образует дельту, меняются форма и размеры конусов выноса и даже появляются новые, сокращается площадь болота.

Берега водохранилища отстают с разной скоростью как в зависимости от характера береговой линии и формы продольного профиля, так и в зависимости от их высоты. За период существования водохранилища (1981–2012 гг.) его берега вблизи НПУ отступили на 1.0–2.0 до 4.0 км, на 0.2–0.6 до 0.8 км – на уровне 160 м абс., что

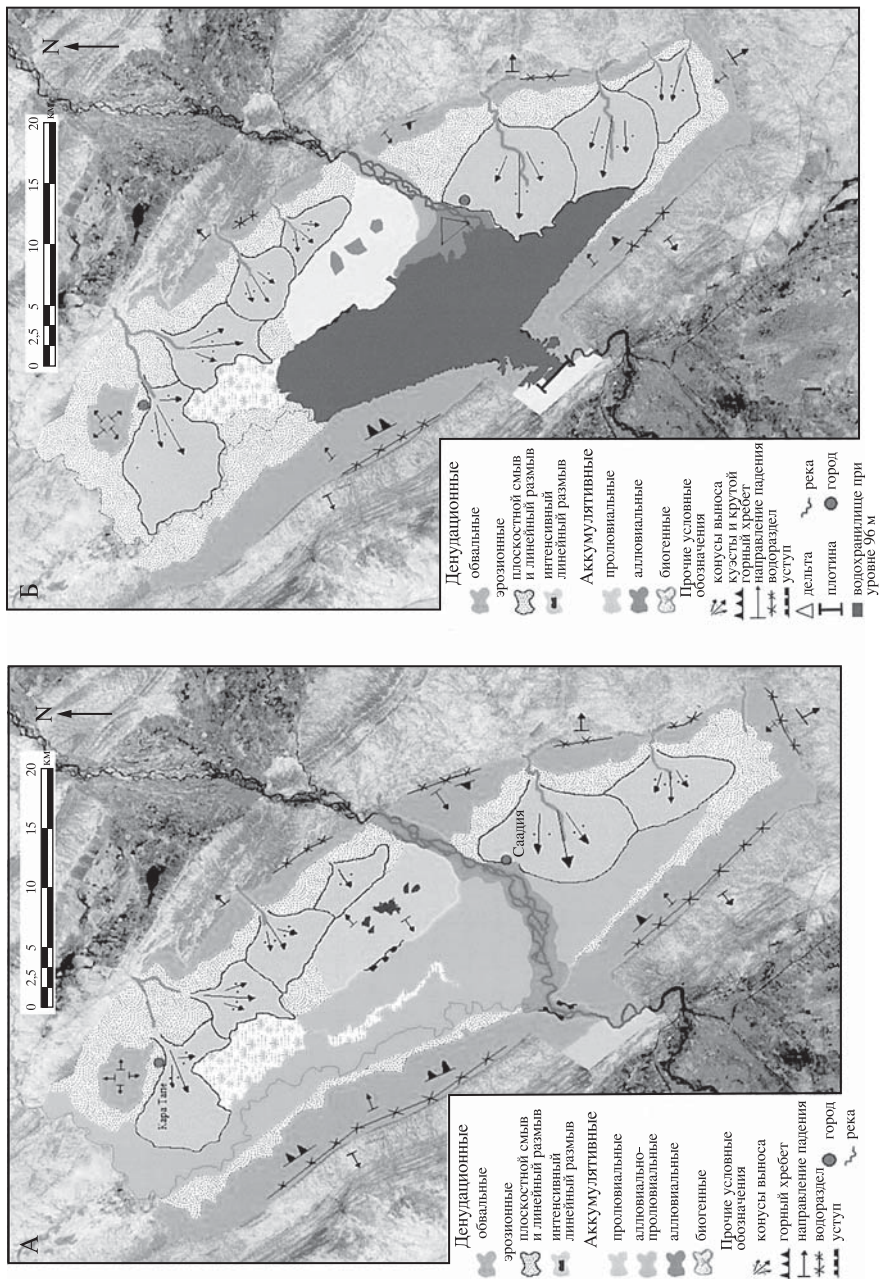


Рис. 6. Геоморфологические процессы в долине Хамрин (А – до создания водохранилища, Б – после создания водохранилища)

позволяет выделить на берегах водохранилища две зоны по интенсивности и типу развития геоморфологических процессов.

Ниже НПУ, под влиянием волновой деятельности развиваются абразионно-аккумулятивные процессы. В зоне периодического осушения сменяются во времени и пространстве абразионно-аккумулятивные, делювиально-пролювиальные и антропогенно ускоренные эрозионные процессы.

Выше НПУ, вне зоны непосредственной волновой деятельности ослабление устойчивости нижних частей склонов способствует активизации естественных склоновых процессов.

По нашим данным [18] появление нового вида антропогенного воздействия вызывает появление геоморфологических процессов, которые ранее не развивались в данных условиях, и(или) изменения скорости естественных процессов рельефообразования. При этом в любом случае сначала происходит активизация процессов, затем нормализация, сопровождающаяся значительным снижением скорости их развития, хотя она остается выше, чем скорость природных процессов. В период активизации, который для разных видов антропогенно-природного рельефа продолжается от 3–4 до 30 лет, а иногда и больше, начинают формироваться функциональные связи между различными элементами нового рельефа, а также между ними и факторами внешней среды. Период нормализации продолжается значительно дольше, например, для эрозионных процессов только почти через 200 лет устанавливаются устойчивые связи в суточном и годовом циклах.

Значительные колебания уровня водохранилища, происходящие в сезонном и многолетнем режиме, приводят к тому, что образование элементов абразионно-аккумулятивного рельефа происходит на разных уровнях в условиях нового рельефа, измененного антропогенно-природными эрозионными и склоновыми процессами, поэтому скорость последних остается достаточно высокой. В свою очередь, антропогенно ускоренные эрозионные процессы также развиваются в условиях нового рельефа, создаваемого ежегодно абразионно-аккумулятивными процессами, и тоже достигают большой скорости. Следовательно, переформирование берегов водохранилища на протяжении всего периода его существования происходит с высокой скоростью, а значит, антропогенно-природная геоморфологическая система береговой зоны водохранилища все еще находится в стадии активизации. Поскольку интенсивность геоморфологических процессов не снижается, объем поступающего материала со склонов в ложе водохранилища остается по-прежнему высоким, и обмеление водохранилища будет продолжаться.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dams and reservoirs in Iraq. Ministry of Water Resources. State Commission for Dams and Reservoirs. 2013. 44 p.
2. *Al Nuairi B.H.* Climate change impacts on the levels of Hamrin reservoir in Iraq // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). 2014. № 9(11). С. 185–189.
3. Geographi of Iraq. Ministry of Education Republic of Iraq. 2014. 140 p.
4. *Almagash A.B. and Sahaf M.M.* Gejmorphology. Baghdad: 1989. 184 p.
5. *Abdul-Latif A.S.* Reporton the regional geological mapping of Hemrin range from AL-Fatha to Ain Layla area. Unpublished report. 1975. 772 p.
6. Ирак. Геологическое строение, нефтегазосность и состояние нефтегазовой промышленности, обработка и интерпретация сейсмических материалов по лицензионным блокам в южной и центральной частях Западной Пустыни, оценка прогнозных ресурсов нефти и газа. М.: Совгеоинфо, 2009. 158 с.
7. *Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шаранов В.А.* Водохранилища. М.: Мысль, 1987. 325 с.
8. Водохранилища мира. М.: Наука, 1979. 287 с.
9. *Широков В.М.* Конструктивная география рек: основы преобразования и природопользования. Минск: Изд-во Университетское, 1985. 189 с.
10. *Вендров С.Л.* Проблемы преобразования речных систем СССР. Л.: Гидрометеоздат, 1979. 208 с.

11. *Ал Нуаири Б.Х.* Динамика природных процессов в долине Хамрин (Ирак) под влиянием водохранилища по материалам дистанционного зондирования. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. СПб.: РГПУ им. А.И. Герцена, 2015. 27 с.
12. *Al Nuairi B.H.* Geomorphology of Hamrin dam area by the use technology of remote sensing and GIS. Tikrit: University of Tikrit. 2008. 151 p.
13. *Ал Нуаири Б.Х.* Классификация форм рельефа котловины Хамрин (Ирак) на основании данных дистанционного зондирования // Изв. РГПУ им. А.И. Герцена. Сер. Естественные и точные науки. 2014. № 165. С. 106–112.
14. *Van Zuidam R.A. and Cancelado F.I.* Terrain analysis and classification using aerial photographs, a geomorphologic approach. ITC textbook of photo-interpretation. Vol. 7. ITC. Enscheda (The Netherlands). 1979. 339 p.
15. *Ал Нуаири Б.Х., Субетто Д.А.* Оценка интенсивности эрозионных процессов в котловине Хамрин (Ирак) по материалам аэрокосмической съемки // Научное мнение. 2014. № 5. С. 208–213.
16. Динамика ландшафтов в зоне влияния Куйбышевского водохранилища. СПб.: Наука, 1991. 224 с.
17. *Ansari N. and Aljharri M.* The study of hydrological and sedimentary Hamrin Dam reservoir. Part I. University of Baghdad. 1988. 193 p.
18. *Фирсенкова В.М.* Изменчивость рельефа в природно-антропогенных геосистемах // Геосистема во времени. М.: ИГ АН СССР, 1991. С. 232–241.

Поступила в редакцию 14.12.2015

## THE HARMIN RESERVOIR (IRAQ) COASTAL DYNAMICS

D.A. SUBETTO, B.H. AL NUAIRI, V.M. FIRSENKOVA, V.V. BRYLKIN

<sup>1</sup>*Institute of Northern Water Problems KRC RAS, Petrozavodsk, Russia*

<sup>2</sup>*Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia*

*e-mail: subetto@mail.ru*

### Summary

The Hamrin reservoir, located on the Diyala River (left tributary of the Tiger River), differ for its unusual shape, large surface area and small depth, a significant level fluctuations in the long-term dynamics and great depth of drawdown, and intense siltation. Intensive siltation of the reservoir caused by the arrival of material from solid river flow and from hollow (basin) slopes in which bottom reservoir is located. In rainy season the material moved through the temporary streams channels and deposited on alluvial fans at the foot of the slopes. In winter and spring seasons of reservoir's full filling, at high water-level and under the process of wave increasing the various forms of underwater and above-water coastal forms of relief are developed. In dry summer season part of water area is dry out. Accumulative processes develop under low level of wave action; at that a big role belongs to soaking of sandy-clay material which composes the lower parts of the underwater coastal slopes. Drained part is involved in agricultural productivity. Annual renewal of the coastal relief induce the activity and abrasion-accumulation, anthropogenic double quick erosion and natural slope processes, so the rate of banks retreat is not reduced. Anthropogenic-natural reservoir system is still on the stage of activation, when stable relations between elements of new relief and environmental factors not yet formed, so the intensity of banks re-formation is not reduced, and siltation of the reservoir will be continued.

**Keywords:** Hamrin reservoir, coastal dynamics, abrasion, slope processes, silting.

doi:10.15356/0435-4281-2016-3-91-102