

ГИС МОДЕЛИРОВАНИЕ ЯВЛЕНИЙ ЗАТОПЛЕНИЯ БАССЕЙНА р. ДЕБЕД

© 2013г. Д.Г. Аракелян¹, С.А. Нагапетян², Б.Г. Закарян³,
М.К. Мкртчян¹

¹Институт Геологических Наук НАН РА. 0019, г. Ереван, пр. Маршала Баграмяна 24а.
armgeology@gmail.com, mkrtyan.mushegh@gmail.com

²ЕГУ РА. 00125, г. Ереван, Алек Манукяна 4. nahapetyan@ysu.am

³ООО "Геоинфо". РА, 0076, г. Ереван, ул. Гюликехян 35, кв.12. zakaryanbenik@gmail.com
Поступила в редакцию 28.06.2013г.

Работа посвящена моделированию затопления территории пойм рр. Дебед и Дзорагет. На основе ЦМР и данных замеров водопунктов, выделены зоны затопления территорий пойм рек Дебед и Дзорагет в случае возможного прорана Мецаванского водохранилища, активизации Одзунского оползня и при учете максимального количества выпадения осадков. Учет всех факторов, способствующих затоплению, рассчитывался обеспеченностью в 0,5, 1, 5, 10 и 25%. Результаты работ создана модель на основе ГИС, способная рассчитывать площадь затопления бассейнов рек в случае перечисленных вариантов и прогнозировать время и место затопления. Осуществлена оценка риска затопления с расчетом промежутков времени достижения максимального стока при проране Мецаванского водохранилища населенных пунктов.

На основе полученных рассчитанных результатов и кадастровых данных, данная методика позволяет прогнозировать ущерб, наносимый затоплением.

Введение

Паводки и затопления обусловлены природными и техногенными факторами, они наносят ущерб экономике и окружающей среде и зачастую уносят жизни людей.

Целью работы является трехмерное моделирование в системе ГИС максимального дебита рр. Дебед – Дзорагет при условиях: максимального выпадения осадков в виде дождя и снега, возможного прорана Мецаванского (нарушение баланса) водохранилища и образования запруды в результате возможного обрушения Одзунского оползня под влиянием сейсмических воздействий.

Наличие модели затопления в системе ГИС, на основе ряда сценариев, предоставляет возможность разработки плана мероприятий по защите территории от последствий максимального стока рр. Дебед – Дзорагет и предотвращения разрушительных последствий.

Характеристика объекта исследования

Речная сеть р. Дебед, формирующаяся на слиянии рек Памбак и Дзорагет, представлена более 1356 реками, 55 из которых имеют протяженность более 10 км. Наиболее крупными притоками р. Дзорагет являются:

Ташир, Чкнах, Урут, Гаргар, а р. Дебед – рр. Марц и Шнох, реки Дебед и Дзорагет протекают по 45 общинам Лорийского и Тавушского марзов.

Средняя плотность речной сети – $0,84 \text{ км/км}^2$. На территории бассейнов действуют 13 водопунктов наблюдения, из которых данные 9 – и были использованы в настоящей работе. Беря начало с высокогорных территорий, обе реки имеют большой угол падения (Միսգիվախյան Բ.Պ., Խաղիպյան Գ.Պ. 2007).

Основным отличием рек Дебед и Дзорагет является то, что они имеют различную степень источников питания (дождь, снег, грунтовые воды), что и объясняет большие колебания уровня и расхода воды. Модуль стока бассейна р. Дебед варьирует от $0,5$ до $2,5 \text{ км}^2$, с расходом $25\text{--}30 \text{ л/сек}$. Паводки фиксируются с середины мая до первой половины июля, с пиковым значением в мае. Второй, более слабый паводок незначительно наблюдается в сентябре–октябре, т.е 70% годового стока р. Дебед приходится на весенний и начало летнего периодов.



Рис. 1. Исследуемая территория

Мецаванское водохранилище, площадью 300 га и объемом 5.4 млн. м^3 было построено в 1989 г. с целью орошения 260 га угодий. Высота плотины 7 м , длина 730 м , ширина гребня 7 м . Абсолютная высота 1583.97 м , рабочая 1579.6 м . Плотина земляного типа, состав супесчаный. Средняя плотность грунта – 2.4 т/м^3 , частиц грунта – 2.7 т/м^3 .

Оползень–обвал Одзун, активизировавшийся 12.12.1992 г, расположен на левом берегу р. Дебед, в 70 метрах от устья реки. Относительная высота – 140 м , высота языка – 25 м . Ширина оползневого тела составляет – 220 м , длина – 450 м , площадь – 5.3 га , объем – 795000 м^3 , средняя мощность – 15 м .

Параметры представленных явлений и объектов были использованы в разработке модели затопления р. Дебед.

Методика

Методика определения территорий затопления рр. Дебед и Дзорагет

Как известно, максимальный уровень воды и расход в реке взаимосвязаны. Исходя из этого, на гидропостах рек Дебед и Дзорагет, на основе данных максимальных уровней воды и расходов, были получены соответствующие взаимосвязи расчетных параметров с целью экстраполяции уровня воды в реке по всей длине изучаемой территории и расчета расхода воды.

С целью определения уровня воды в реке на гидропостах была выявлена связь между максимальным уровнем (H см), максимальным расходом (Q м³/сек), скоростью (V м/сек) и шириной реки (L м). На основе полученных связей была определена площадь затопления на гидропостах. Что дает возможность определения уровня поднятия реки при различных расходах воды.

За частоту максимальных расходов р. Дебед были приняты интервалы раз в 200, 100, 20, 10 и 4 лет, которые соответствуют обеспеченности (количество расхода воды в определенный промежуток времени) в 0,5, 1, 5, 10 и 25%.

Значение максимальной обеспеченности на конкретных участках было рассчитано с помощью выявленной связи. На основе полученных графиков выводятся значения максимального расхода при различной обеспеченности с последующим расчетом зоны затопления. На рис. 2 отображены примеры графиков ряда гидропостов с максимальными расходами и уровнями воды по обеспеченности (0,5; 1; 5; 10 и 25%).

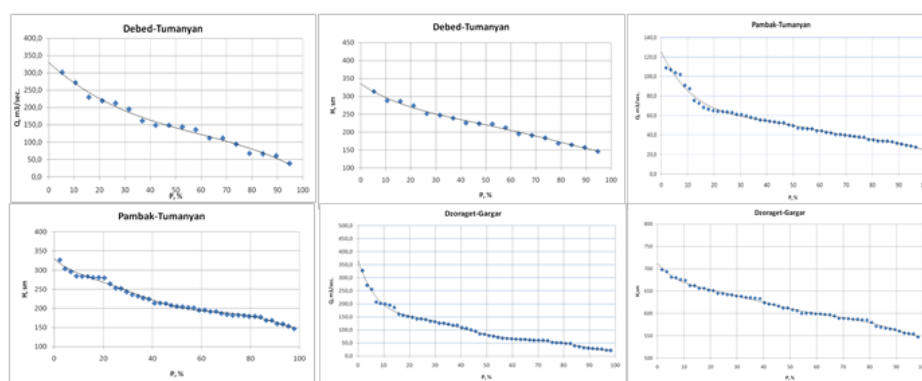


Рис. 2. Кривые обеспеченности уровня и дебита р. Дебед и ее притоков

Однако для корректного определения площадей зон затопления по всей длине рр. Дзорагет и Дебед данные наблюдений по 8 гидропостам (ширина реки, расход, уровень, скорость и глубина воды) недостаточны. Данная задача была решена построением 109 добавочных поперечных

профилей с целью привязки полученных данных интерполяции к морфологии поймы (рис.1).

По данным разрезов были рассчитаны: площадь поперечного профиля $F = h_{cp} \cdot L$, где h_{cp} – средняя глубина для конкретного горизонта, а L – ширина отрезка реки.

Для дополнения данных по интервалам рек, с отсутствующими данными замеров, с целью построения соответствующих поперечных профилей была использована цифровая модель рельефа с резолуцией 5 м, с целью определения скорости потока и уклона поймы реки с соответствующими данными по гидравлическому уклону уровня реки, на основе чего, по формуле 1, был рассчитан максимальный расход.

$$Q = FV \quad (1)$$

где Q (м³/сек) – максимальный расход, F (м²) – площадь поперечного разреза, V (м/сек) скорость потока.

Таблица 1.

Показатели максимальных расходов и уровней при обеспеченности 0,5; 1; 5; 10 и 25%

Дебед–Айрум			Дебед–Ахтала		
Р, %	Q, м ³ /сек	*Н, см	Р, %	Q, м ³ /сек	Н, см
0,5	780	466	0,5	770	447
1	740	461	1	750	442
5	520	438	5	555	412
10	372	413	10	410	388
25	256	360	25	255	350
			0,5	770	447
Дебед–Туманян			Дзорагет–Степанаван		
Р, %	Q, м ³ /сек	Н, см	Р, %	Q, м ³ /сек	Н, см
0,5	395	375	0,5	285	330
1	390	365	1	275	325
5	360	327	5	205	305
10	322	295	10	155	292
25	240	260	25	97	255
Дзорагет–Катнарат			Дзорагет–Гаргар		
Р, %	Q, м ³ /сек	Н, см	Р, %	Q, м ³ /сек	Н, см
0,5	85	286	0,5	405	720
1	78	280	1	380	710
5	52	240	5	270	690
10	36	218	10	190	672
25	27	202	25	130	635
Ташир–Саратовка			Ташир–Михайловка		
Р, %	Q, м ³ /сек	Н, см	Р, %	Q, м ³ /сек	Н, см
0,5	127	510	0,5	70	300
1	124	490	1	60	280
5	88	410	5	38	236
10	60	345	10	24	216
25	27	295	25	18	192

*Н, Данные уровня воды приведены по дну лога

Используя полученные данные уровней воды в реках и максимальных стоков, были получены территории затопления по данным обеспеченности (0,5; 1; 5; 10 и 25%) (Гидрографические ежегодники, Ресурсы поверхностных вод СССР, 1930 - 2008).

Методика расчета вероятной запруды в результате возможной активизации оползневого тела Одзун.

С целью оценки степени вероятного смещения грунтовых масс и последствий запруды Одзунским оползнем реки Дебед были приняты варианты смещения оползневого тела на 60, 150 и 210 м.

За основу расчетов был принят продольный профиль оползневого склона до образования процесса, после его активизации и при возможном дальнейшем смещении. Методика расчета базируется на принципе постоянства объема оползневого тела при его смещении. Решение справедливо для вертикального сечения, проведенного по направлению оползневого смещения. Наиболее представительным следует считать сечение по оси оползня (рис. 3) (Д.Г. Аракелян, 1999; В.Р. Бойнагрян и др. 2009; US Army Corps of Engineers, 2003).

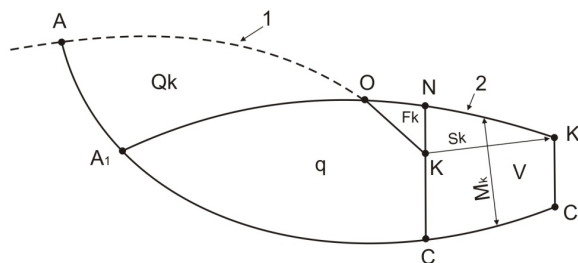


Рис. 3. Схема перемещения оползня.

Условные обозначения: 1 и 2 — профиль склона соответственно до и после оползневой подвижки;

A, K, C — исходное положение точек тела оползня в начале подвижки;

A₁, K₁, C₁ — положение тех же точек в конце подвижки; N, K, C и K₁, C₁ — вертикали, проведенные через начальное и конечное положение точки K; qV — длина вектора смещения точки K равная длине отрезка KK₁; Qk, Fk — площади контуров соответственно AOA₁, ONK, A₁OKC, NK₁C₁C.

Масса тела оползня до и после завершения смещения, естественно, одинаковая. Следовательно, если плотность сместившегося тела в процессе сползания не менялась, то $Qk + q = q + Fk + V$, отсюда:

$$V = Qk - Fk \quad (2)$$

Проведем между верхней и нижней границами оползневого тела перпендикулярно к отрезку k₁, через его середину отрезок длиной Mk, близкой к средней мощности оползня в контуре NCC₁K₁. Принимая, что $MkSk = V$, с учетом формулы (2), находим искомую мощность оползня:

$$Mk = (Qk - Fk) / Sk \quad (3)$$

где: Mk — средняя мощность оползня на участке вектора смещения рассматриваемой точки K; Qk, Fk — площади сечений в зонах “сноса” и “аккумуляции”

оползшей массы; Sk – длина вектора смещения рассматриваемой точки K , равной длине отрезка $KK_1(m)$.

Расчетная методика формирования возможного прорана Мецаванского водохранилища

В расчете прорана нами были использованы следующие параметры плотины и грунтов слагающих Мецаванское водохранилище:

$H_{\max}$ – максимальная разница между отметкой гребня дамбы и нижней отметкой прорана, м

F – площадь зеркала водохранилища, соответствующая максимальному уровню, m^2

$V_{\max}$ – объем воды водохранилища, m^3

l_0 – ширина гребня плотины, м

ms – уклон внутреннего борта плотины, м/м

ns – уклон внешнего борта плотины, м/м

ρ_s – плотность частиц грунта, t/m^3

ρ_w – плотность воды, принятая за 1, t/m^3

ρ_d – плотность сухого грунта, t/m^3

ν^H – кинематический коэффициент вязкости жидкости принятый за $0,0101 \text{ см}^2/\text{сек}$

d – средневзвешенный размер частиц грунта, мм

Для начальной стадии размеры прорана были рассчитаны формулой, применяемой для нарушения баланса расхода водохранилища – $y_0 = b_0 = h_0 = 0,5m$.

где y_0 – начальная глубина прорана, b_0 – начальная ширина прорана, h_0 – начальная глубина потока воды в проране.

Возрастание глубины в проране на всех этапах стабилен и равен $\Delta y \leq y_0$, а увеличение ширины прорана Δb рассчитывается по:

$$\Delta b = \Delta y \frac{y_0}{y_0 + \Delta y} \quad (4)$$

Задавая приращения размеров прорана (Δy и Δb), определяем уменьшение глубины вытекающего из водохранилища слоя ΔH . Расчет потока и прорана реализовывался по принципу последовательности с определенным интервалом времени i .

Отсюда следует, что начальная мощность потока воды в проране равна:

$$y_i = y_{i-1} + \Delta y \text{ (м)} \quad (5)$$

где y_{i-1} – разница между начальной и последующей глубинами размыва

Ширина прорана соответственно:

$$b_i = b_{i-1} + \Delta b \text{ (м)} \quad (6)$$

Длина прорана:

$$l_i = (m_s + n_s)y_i + l_0 \text{ (м)} \quad (7)$$

Начиная с $y_i = H_{\max}$ (7метров), величина прорана увеличивается только в ширину

$$b_i = b_{i-1} + \Delta b' \quad (8)$$

$$\text{где: } \Delta b' = 2.5 \Delta y \frac{y_0}{y_0 + \Delta y} \quad (9)$$

Исходя из вышесказанного, глубина потока в проране рассчитывается соответственно:

$$h_i = \frac{2}{3} H_i \text{ (м)} \quad (10)$$

где: H_i – определяется по формуле (28).

Расход воды в проране равен:

$$Q_i = m b_i H_i^{1/2} \sqrt{2g} \text{ (м}^3\text{/сек)} \quad (11)$$

где m – коэффициент водослива, равный 0,31.

Удельный расход потока в проране будет:

$$q_i = \frac{Q_i}{b_i} = 1.373 H_i^{3/2} \text{ (м/сек}^2\text{)} \quad (12)$$

Скорость потока:

$$u_i = \frac{Q_i}{b_i h_i} = 2.056 H_i^{1/2} \text{ (м/сек)} \quad (13)$$

Неразмывающая скорость u_{0i} м/сек для несвязанных грунтов определяется гидравлическими параметрами потока и d . Для Мецаванского водохранилища – $d=1\text{мм}$, а для Одзунского оползня – $d=0.5\text{см}$. При $0,25\text{ мм} < d < 1,5\text{мм}$ (для водохранилища) расчет проводился по следующей формуле:

$$u_{0i} = 1.8 v^{0.136} (g p_w)^{0.432} d^{0.292} \times \lg \frac{660 R_i v^{0.3}}{(g p_w)^{0.35} d^{0.24} k^{1.81}} \quad (14)$$

а при $d \geq 1,5\text{мм}$ (для Одзунского оползня) формула приобретает вид:

$$u_{0i} = \sqrt{g p_w d} \times \lg \left(11.5 \frac{R_i}{k} \right) \quad (15)$$

где: k – коэффициент однородности, равный $0,785 d^{0.75}$

g – ускорение свободного падения ($g = 9.81 \text{ м/сек}^2$)

R_i – гидравлический радиус потока для прямоугольной формы сечения прорана, рассчитываемый:

$$R_i = \frac{b_i y_i}{b_i + 2y_i}, \text{ м} \quad (16)$$

Гидравлическая крупность W_0 м/сек размываемого грунта в проране зависит от диаметра частиц. В случае плотины когда $0,6 \text{ мм} < d < 2,0 \text{ мм}$, формула приобретает вид:

$$W_0 = \left(\frac{gd^{1.2} p_w}{4.4v^{0.2}} \right)^{1/1.8} \quad (17)$$

В случае оползня Одзун, где $d \geq 2,0 \text{ мм}$:

$$W_0 = 1.2\sqrt{gd p_w} \quad (18)$$

Исходя из вышеприведенных расчетов, время размыва i -объема прорана рассчитывается:

$$\Delta t_i = \frac{2 p_d \Delta W_i}{m_i Q_i}, \text{ сек.} \quad (19)$$

где μ_i – транспортирующая способность перемещения материала водой, ΔW_i – увеличение объема размываемого прорана, м^3 .

$$\Delta W_i = W_i - W_{i-1} = 0,5(b_i y_i l_i - b_{i-1} y_{i-1} l_{i-1}), \text{ м}^3 \quad (20)$$

Принимая скорость потока $u_i \geq 2,7u_{0i}$ при размере всех частиц $d \leq 0,15$ (перемещение во взвешенном состоянии), становится возможным определение μ_i .

$$m_i = 0.01 \left(\frac{u_{cri} - u_{0i}}{3W_0} \right)^4 \left(\frac{d}{R_i} \right)^{1.6}, \quad (21)$$

где u_{cri} – критическая скорость потока м/сек.

$$\text{при } y_i < H_{\max} \quad u_{cri} = 2,63h_i^{0.5}, \quad (22)$$

$$\text{при } y_i = H_{\max} \quad u_{cri} = 3,77h_i^{0.2}, \quad (23)$$

При $u_i < 2,7u_{0i}$ и размере частиц $d > 0,15 \text{ мм}$ (перемещение в донном режиме), тогда μ_i – определяется по формуле:

$$m_i = 0.002 \left(\frac{u_i}{\sqrt{gd}} \right)^3 \left(1 - \frac{u_{0i}}{u_i} \right) \left(\frac{d}{h_i} \right)^{1.25}, \quad (24)$$

тогда объем вышедшей воды из водохранилищ за промежуток времени Δt_i будет равен:

$$\Delta V_i = Q_i \Delta t_i = \frac{2 p_d \Delta W_i}{m_i}, \text{ м}^3 \quad (25)$$

Общий объем равен:

$$V = \sum \Delta V_i, \text{ м}^3 \quad (26)$$

Понижение уровня воды в резервуаре соответственно:

$$\Delta H_i = \frac{\Delta V_i}{F}, \quad (27)$$

мощность вышедшего слоя воды будет равна:

$$H_i = H_{i-1} + \Delta y - \Delta H_{i-1}. \quad (28)$$

В случае $i = 1$ принимается, что $H_0 = y_0$ и $\Delta H_0 = 0$.

Расчет был проведен до состояния, когда V достигает $V_{\max}$ или μ_i приобретает значения 0,003 и меньше (РД 09–391–00, 2002; РД 03–607–03, 2003).

Методика моделирования в ГИС

Применение 109 поперечных профилей устьев рек Ташир, Дзорагет и Дебед, ГИС моделирование позволило выявить возможные сценарии затопляемых участков в различное время.

Разработанная модель состоит из последовательно взаимосвязанных расчетных и логических функций.

В основе расчета и картирования затопляемых участков учитываются расчетные значения максимальных стоков при различной обеспеченности расходов воды. Полученный результат, с учетом топографии местности, формы поперечных разрезов поймы, уровня воды в реке и затопляемых участков, их объема при различных сценариях обеспеченности, визуализируется в трехмерной модели (Ю.И. Денисова, 2009; СНИП 2.06.15–85, 1985; Biswajeet Pradhan, 2009).

Основой для моделирования послужили гидрологические и топографические данные в масштабе 1:10 000. Для осуществления поставленной задачи основными явились логические, графические и физические методы моделирования, реализованные в системе ArcGIS9.3 в Model builder. Ниже приводится перечень вводимых гидрологических и топографических данных, в системе координат GCS Pulkovo–1942, с резолуцией растровых значений 10 м.

Расчетная модель затопления представлена следующей схемой:

1. Вводные параметры
 - ЦМР (цифровая модель рельефа) рек Дзорагет и Дебед
 - Поперечные разрезы с необходимыми гидрологическими данными
 - Речная сеть.
2. Промежуточные расчетные данные
 - Показатели обеспеченности
 - Зоны затопления на основе обеспеченности.
3. Расчетные и картографические выходные данные
 - Участки затопления выделенные по сценариям обеспеченности
 - Объемы и временные характеристики процесса.

Точность выполненных расчетов зависит от корректности вводимых данных и примененных методик. Анализ результатов показал, что точ-

ность гидрологических расчетов составляет 8–11%, достоверность данных 95%.

Точность топографических данных в масштабе 1:10000 составляет 1 м. Разрез между горизонталями составляет 10 м, величина пикселей растровых данных составляет 10 м/пиксель.

Полученные результаты и анализ

Расчетами были получены площади зон смещения и накопления материала, а также площадь и объем запруды реки, ее площадь и объемы в зависимости от глубины.

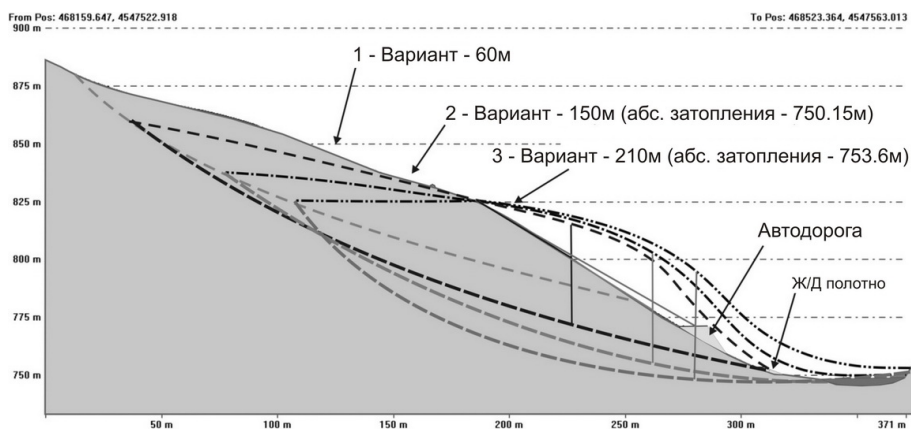


Рис. 4. Варианты запрудивания р. Дебед при возможной активизации оползневого участка Одзун.

Предполагаемые варианты сдвига оползня позволяют наметить следующие сценарии (рис. 4):

- В случае смещения оползня на 60 м оползневая масса охватывает только железную и автомобильную дороги.
- При варианте смещения оползня на 150 м происходит частичное запрудивание реки (абсолютная высота запруды 750,15 м площадью 21100 м² с объемом 16000 м³).
- Вариант смещения оползневой массы на 210 м создает запруды реки на отметке 753,6 м, что приводит к возникновению зоны затопления площадью 38200 м² и объемом 87000 м³.

Результаты последнего варианта были реализованы для определения территорий затопляемых участков и в ГИС моделировании.

Для расчета вероятного прорыва дамбы Мецаванского водохранилища принято условие при котором уровень воды достигает уровня гребня плотины. В этом случае объем воды в водохранилище превышает 6,65 млн.м³, а площадь составляет 460 га. Сформированный отток начинает расширяться в соответствии с показателями, приведенными в таблице 2.

С начала процесса проран формируется в течении 21,54 часов, достигнув глубины 7 м. После чего проран увеличивается за счет бокового расширения, достигнув 3,75 м. Весь объем воды удаляется за 40,6 часов при максимальном стоке 53,22 м³. Именно этот механизм действовал в 1994 г когда разрушенная плотина Арктиского водохранилища длиной 500 м и высотой 18 м сбросив 2 млн.м³ воды, образовала проран 10 м в основании. При разрушении плотины Лос Анжелесского водохранилища Балдвин Хилс в 1963 г. действовал тот же механизм.

Таблица 2.

Результаты расчетов формирования проранов и разрушения плотины Мецаванского водохранилища и Одзунского оползня.

Глубина прорана (м)	Ширина прорана (м)	Глубина потока прорана (м)	Длина прорана (м)	Рост размываемого объема прорана м ³	Скорость потока в проране (м/сек)	Расход воды в проране (м ³ /сек)	Время размыва прорана		Объем воды м ³	
							рост	Сумма	В интервале Δt_i	Суммарный объем
Y_i	b_i	h_i	l_i	ΔW_i	u_i	Q_i	Δt_i сек.	T час	ΔV_i	V
Расчет обрушения плотины Мецаванского водохранилища при условии нарушения баланса $y_0 = b_0 = h_0 = 0,5$ м.										
0.50	0.5	0.50	7	4.55	1.1	0.27				
1.00	0.75	0.64	14.5	8.22	2.29	1.11	242	0.08	267	310
1.50	1	0.97	18.2	13.8	2.81	2.72	393	0.19	1071	1381
2.00	1.25	1.28	21.9	20.7	3.22	5.17	685	0.38	3540	4921
2.50	1.5	1.58	25.7	29.0	3.58	8.51	1170	0.70	9964	14885
3.00	1.75	1.91	29.4	38.8	3.93	13.14	2117	1.29	27821	42706
3.50	2	2.19	33.1	49.9	4.22	18.48	3547	2.28	65555	108261
4.00	2.25	2.48	36.8	62.4	4.49	25.04	6162	3.99	154269	262530
4.50	2.5	2.77	40.6	76.4	4.74	32.77	10978	7.04	359706	622236
5.00	2.75	2.92	44.3	91.7	4.86	39.02	13636	10.83	532113	1154349
5.50	3	3.00	48.0	108	4.93	44.44	14296	14.80	635275	1789624
6.00	3.25	3.06	51.8	127	4.99	49.64	14376	18.79	713623	2503247
6.50	3.5	2.95	55.5	146	4.89	50.44	9879	21.54	498332	3001579
7.00	3.75	2.92	59.2	146	4.86	53.22	68622	40.60	3651779	6653358
При вероятном смещении Одзунского оползня $y_0 = b_0 = h_0 = 0,5$ м.										
0.5	0.5	0.5	294	75.8	0.97	0.24	0			
1	0.75	0.49	300	115	1.76	0.64	2898	0.80	1861	1861
1.5	1	0.65	303	155	2.03	1.32	3091	1.66	4080	5940
2	1.25	0.8	306	197	2.26	2.27	3364	2.59	7626	13567
2.5	1.5	0.9	309	240	2.4	3.25	3548	3.58	11530	25097
3	1.75	0.99	312	284	2.51	4.35	3730	4.61	16239	41336
3.5	2	1.11	315	329	2.66	5.93	4060	5.74	24070	65405
* 4	2.25	1.24	318	375	2.81	7.85	4460	6.98	35005	100410
4.5	2.5	1.27	321	422	2.84	8.98	4501	8.23	40428	140838
5	2.75	1.38	324	422	2.96	11.2	4893	9.59	54850	195687
5.1	2.83	1.18	325	118	2.74	9.13	1141	9.91	10419	206106

* С данной позиции начало этапа прекращения размыва

Расчеты прорана запруды, образовавшегося в результате срыва оползневового тела Одзун, показывают, что проран формируется до 3,5 м, после чего процесс размыва запруды угасает.

Немаловажным результатом данного моделирования является расчет времени, при котором максимальный сток достигает территорий населенных пунктов вниз по течению. Данная позиция дает возможность заранее предупредить о стихийном бедствии и организовать мероприятия по борьбе с его последствиями. С помощью разработанной модели, были рассчитаны интервалы времени, при которых максимальный сток достигает населенных пунктов (таблица 3).

Таблица 3.

Промежутки времени достижения населенных пунктов максимального стока при проране Мецаванского водохранилища

Населенный пункт	Время
Михайловка	2 часа 15 минут
Ташир	3 часа 15 минут
Саратовка	5 часа 42 минут
Степанаван	8 часа 14 минут
Гаргар	11 часа 23 минут
Туманян	12 часа 12 минут
Одзун	13 часа 14 минут
Алаверди	13 часа 49 минут
Ахтала	16 часа 59 минут
Шнох	17 часа 53 минут
Айрум	19 часа 03 минут
Дебетапан	22 часа 10 минут

При возможном проране плотины Мецаванского водохранилища значения уровня воды для каждого отрезка реки вычислялись на основе кривых расхода и уровня воды. Ниже приводится график зависимости расхода воды и уровня реки, полученный на основе расчетов участка N 29 территории пос. Айрум (рис. 5).

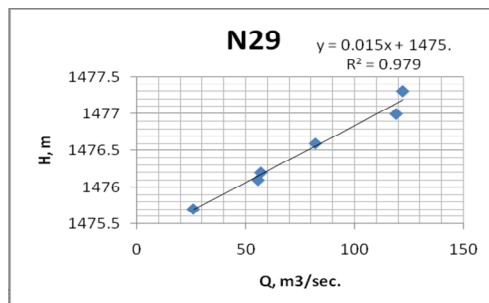


Рис. 5. График взаимосвязи уровня и расхода воды в разрезе 29 участка реки.

В разработанной расчетной модели ГИС был использован ряд как математических, так и логических функций наложения, выделения и т.д. (рис. 6). Расчет территорий затопления в системе ГИС обеспечивается рядом входных данных, а именно: векторные данные реки, цифровая модель рельефа, поперечные разрезы по длине всей реки с данными по обеспеченности, максимального стока и абсолютными отметками абсолютных уровней воды.



Рис. 6. Схема расчетной модели ГИС затопления территорий

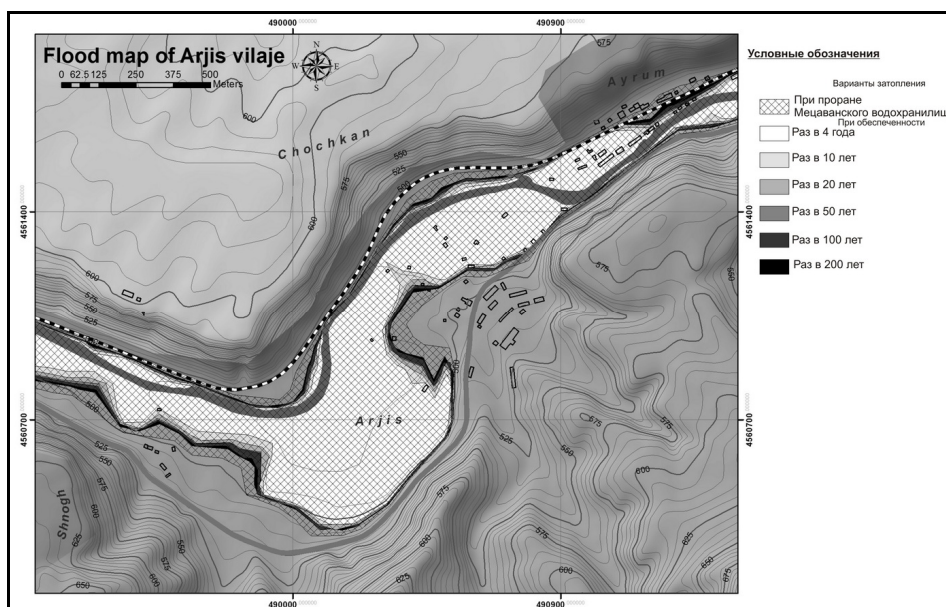


Рис. 7. Пример затопляемых участков рекой Дебед территорий общин сс. Арчис и Чочкан, полученные в результате расчетной модели.

Моделью рассчитываются возможные сценарии затопляемых территорий в соответствии с вариантами обеспеченности и результатом картирования территорий затопления. Конечный результат позволяет выделить повреждаемые объекты по общинам и рассчитывать площади затопления, что дает возможность оценки возможной опасности и расчета нанесенного ущерба (рис. 7). Созданная модель ГИС является логическим продолжением расчетных моделей затопляемых участков, дающих возможность реализации экономических расчетов при возможных материальных потерях, учитывая технические характеристики строений, их функции и участков с разной степенью обеспеченности.

Вероятность образования прорана при воздействии землетрясения была спрогнозирована на основе оценки вероятного влияния активного разлома. Плотина расположена в 30 километрах от активного Памбак – Севан – Сюникского разлома с потенциалом землетрясения (на данном участке) магнитудой $M 7,1 \pm 0,6$ (NorAtom, 2011). Используя формулу Штейнберга – $a = e^{-0,018 * (D^2 + h^2)^{0,5} + 6,63}$, $M = [6,5 - 7,5]$, (предложенную в 1990г.), были рассчитаны максимальные горизонтальные ускорения для пород территории плотины, где D – расстояние от потенциального эпицентра землетрясения, h – глубина потенциального землетрясения.

В результате расчетов выявлено, что горизонтальное ускорение для изучаемой территории достигает значения $a = 0,4$, что превышает ранее принятое нормативное $a = 0,3$.

Из этого можно заключить, что при сильном землетрясении в зоне активного разлома, на плотине Мецаванского водохранилища, возможно образование прорана с вытекающими из этого последствиями.

Заключение

Моделирование и оценка экологической угрозы для затопляемых участков является основой эффективного комплексного и безопасного управления затоплениями.

В результате реализованной работы была разработана модель расчета затопления на основе ГИС. Результаты расчетов позволяют на основе ЦМР и данных замеров водопунктов прогнозировать время и место затопления в результате прорана Мецаванского водохранилища и смещения Одзунского оползня. Моделирование затопления долин рек Дебед и Дзорагет по обеспеченности в 4, 10, 20, 50, 100, 200 лет показало, что территориями, наиболее подверженными риску затопления, являются общины Аревацаг, Цатер, Дзорагюх, Арчис, Айрум, Баграташен. В работе представлены расчеты времени затопления площадей общин Лорийского и Та-вушского марзов, рассчитанных разработанной моделью.

На основе полученных рассчитанных результатов, данная методика предоставляет возможность в дальнейшем рассчитывать ущерб, наносимый затоплением, с использованием кадастровых данных, таких как число населения, количество построек, коммуникаций и данных за землепользования.

Լիտերատուրա

- Արաքելյան Դ.Դ.** Комплексный подход оценки и прогноза устойчивости оползневых склонов. Сб. статей молодых науч. сотр. Естественные науки, Ереван: Изд-во НАН РА, 1999, с. 37–40.
- Бойнагрян В.Р., Степанян В.Э., Хачатрян Д.А., Ядоян Р.Б., Араքելյան Դ.Դ., Գյուրճյան Յ.Գ.** Оползни Армении. Издано при поддержке ОБСЕ. Издательство ООО “АСОГИК”. Ереван 2009. 308 с., 191 ил., 61таб
- Гидрографические ежегодники.** Гидрометеиздат г. Омск, вып. 1930–2008 гг.
- Денисова Ю.И., Перевощиков А.А.** Построение прогнозной модели зоны затопления Пос. Кизнер средствами гис-технологий. Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о земле 2009, вып. 1, с. 171-178
- РД 09–391–00** "Методика расчета зон затопления при гидродинамических авариях на хранилищах производственных отходов химических предприятий" Федеральный горный и промышленный надзор России, Серия 09, Москва, 2002, Выпуск 4, с. 59.
- РД 03–607–03** "Методические рекомендации по расчету развития гидродинамических аварий на накопителях жидких промышленных отходов" Федеральный горный и промышленный надзор России (Госгортехнадзор России), Серия 03, Москва, 2003, Выпуск 42, с. 34.
- Строительные нормы и правила.** Инженерная защита территории от Затопления и подтопления. СНиП 2.06.15–85. Издание официальное. Госстрой СССР. 1985 г.
- Մնացականյան Բ.Պ., Թադևոսյան Գ.Պ., "Լոռու կլիման և ջրերը", Վանաձոր, 2007թ., 290 էջ:**
- Biswajeet Pradhan.** Flood susceptible mapping and risk area delineation using logistic regression, GIS and remote sensing. Journal of Spatial Hydrology Vol. 9, No.2 Fall 2009
- “NorAtom” Consortium.** Seismic hazard assessment for the construction site of a new power unit of the Armenian NPP. Final Report, 2011
- US Army Corps of Engineers** ENGINEERING AND DESIGN, ENGINEER MANUAL. EM 1110–2–1902, 31 Oct 2003.

Рецензент: А. Араքելյան

ԴԵԲԵԴ ԳԵՏԻ ԱՎԱԶԱՆՈՒՄ ԶՐԱԾԱԾԿՄԱՆ ԵՐԵՎՈՒՅԹԻ ԱՏՀ ՄՈՂԵԼԱՎՈՐՈՒՄ

Դ.Գ. Առաքելյան, Մ.Ա. Նահապետյան, Բ.Գ. Զաքարյան,
Մ.Կ. Մկրտչյան

Ամփոփում

Ըստ ԱՏՀ մոդելավորման, Դեբեդ գետի ավազանում տարաբնույթ ջրածածկման և ջրհեղեղային երևույթներ կարող են առաջացնել գետի ծախսի ապահովվածությունը, Մեծավանի ջրամբարի հավանական վթարը և Օձունի սողանքի կողմից Դեբեդ գետի հունի հավանական արգելափակումը:

Հետազոտության արդյունքում ստացված գետային հոսքի 0,5; 1; 5; 10 և 25% ապահովությամբ առավելագույն ծախսերի և մակարդակների արժեքները, Մեծավանի ջրամբարի պատվարի վթարման դեպքում պատվարի սղոցման արագության և հոսքի մեծության հաշվարկի արդյունքները, Օձունի սողանքի կողմից Դեբեդ գետի հունն արգելափակող հավանական պատվարի՝ գետի կողմից,

սղոցման արագությունն ու հոսքի հաշվարկի արդյունքները և տեղանքի տոպոգրաֆիական մշակումները հիմք են հանդիսացել գետահովտում ջրածածկման վտանգավորության ԱՏՀ մոդելավորման համար:

ԱՏՀ մոդելավորման միջոցով, տարբեր սցենարներով, որոշվել է Դեբեդ գետի հովտում ջրհեղեղումների վտանգավորության աստիճանները և ջրածածկման գոտիները, որոնք հիմք են հանդիսանում Դեբեդ գետի հովտում ջրհեղեղումների ռիսկերի գնահատմանը:

GIS MODELING OF THE FLOOD PHENOMENA IN THE DEBED RIVER BASIN

D.G. Arakelyan, S.A. Nahapetyan, B.G. Zakaryan. M.K. Mkrtchyan

Abstract

The GIS modeling of different flood processes and the danger of inundation in the basin of the Debed River are influenced by the provision of the river flow, potential damage of the Metsavan Reservoir and the possible blocking of the river bed by the Odzun landslide.

The study results for the river flow at 0.5, 1, 5, 10 and 25% levels of safety and maximum cost values, the speed of breaking of the dam and the flow rate calculation results for the case of damage of the Metsavan Reservoir and blocking of the river bed by the Odzun landslide, as well the topographic processing of the relief served as the basis for the GIS modeling of the hazard for the valley to be covered by water.

With the help of the GIS modeling and different developed scenarios it is possible to define the rates of hazard and water-inundated areas, which serve the basis for evaluation of possible flooding risks for the Debed River valley.