

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СБРОСА ШАМКИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Статья посвящена гидрологическому моделированию одного из крупных водохранилищ Азербайджана – Шамкирского водохранилища. Показано, что водные ресурсы играют особо важную роль в экономике этой по преимуществу аграрной страны. Описываются характеристики водохранилища. Приводится математическая модель гидрографа водохранилища с учетом впадающих в него рек. Для этого составлена и решена система дифференциальных уравнений. Даны оценки процесса сброса в двух режимах. В нормальном режиме сброс воды планируется заранее и контролируется оператором. Второй режим возникает при нарушении нормальных условий. Например, он может возникнуть при разрушении водохранилища. Результаты исследования приводятся в виде таблиц и диаграмм.

Ключевые слова: Шамкирское водохранилище, гидрология, моделирование, процесс сброса

B.Q. MEHDIYEVA

Institute of Space Researches of Natural Resources, Baku, Azerbaijan Republic

THE MODELING OF DISCHARGING PROCESS OF SHAMKIR RESERVOIR

Given the geographical location of Azerbaijan, where the role of water resources for the country's economy is becoming increasingly important. Integrated water resources management is an urgent issue in terms of perspective development of irrigation agriculture, water supply, electricity generation, industry and other sectors' needs.

Since Shamkir, Yenikend, Mingachevir, Varvara and other water reservoirs, which play an important role in ensuring the country's water, food and energy security, have long been exploited, there has been a need for predicting and evaluating existing problems in these watercourses and predicting negative technogenic processes.

The article is devoted to the hydrological modeling of one of the largest reservoirs of Azerbaijan - the Shamkir reservoir. The characteristics of the reservoir are described. Using the satellite images with a resolution of 30 m made by Landsat-TM in June 2017, a cartographic representation of the territory near the Shamkir reservoir is given. On the basis of hydrographic indices, the regime of volumetric deforestation of the basin of the Shamkir reservoir was studied.

Using Geographic Information Systems (GIS) technology, the area around Shamkir water reservoir was examined based on space imagery and topographical data. The Spatial Analyst module of ArcGIS 10.2 software was used to analyze the process. As a preliminary data, Azerbaijan's 1: 100000 scale geographical map, updated digital topographical maps and infrastructure data base were used. The DEM-model of Shamkir reservoir is given.

The math model of the hydrograph of the reservoir was building taking into account the flowing rivers. A system of differentialequations was compiled and solved. Discharging process of reservoir was examined in two modes. First mode is using in normal conditions. Water discharge is planned in advance and is controlled by the operator. The second mode is the violation of normal mode. For example, the discharge of water is not planned and occurs when the reservoir is destroyed. Estimations of discharging process both in normal mode and in case of its violation are given.

Key words: Shamkir reservoir, hydrology, modeling, discharging process

В настоящее время актуальность исследований в областях, связанных с проблемами водных ресурсов, чрезвычайно высока. В отдельных географических ареалах наблюдается дефицит воды. Также имеет место качественное истощение традиционных источников водных ресурсов. Несмотря на то, что Азербайджан является относительно богатой водными ресурсами страной, большую проблему здесь представляет неравномерность распределения воды в зависимости от времени года. Действительно, большинство горных рек, берущих свое начало на южных склонах Малого Кавказа, весной разливаются, некоторые порождают селевые потоки, а в другое время года пересыхают.

В целях регулирования расхода водных ресурсов страны созданы более 60 водохранилищ. 4 водохранилища (Шамкирское, Еникендское, Мингечаурское и Варварское), расположенные последовательно по течению реки Кура) составляют каскад с общим объемом в 16,5 млн. м³ (рис.1).

С другой стороны, территория Азербайджана расположена в активной сейсмической зоне. Впадина Куры, в том числе низменности Ганыг, Айрычай, Аджинохур, Джейрангель и Кура-Аракс, являются одной из пяти тектонических зон Азербайджана. Ареал данного исследования относится к сейсмической зоне Куры. На этой территории за последние 100 лет было зафиксировано до 12 толчков с интенсивностью 6-7 баллов. Как известно, водохранилища вмещают миллиарды кубических метров воды. Во время разрушения водохранилища(или в режиме сброса) огромные массы воды в течение короткого периода времени могут затопить большую территорию. Поэтому профилактические меры по контролю за состоянием водохранилищ всегда будут оставаться актуальными. Эти мероприятия должны включать проведение всесторонних исследований гидротехнических сооружений, а также компьютерное гидрологическое моделирование различных ситуаций.

Гидрологическое моделирование есть упрощенное концептуальное представление части гидрологического цикла и используется в основном для анализа режимов работы водохранилища и прогнозирования возможного развития событий в различных ситуациях. Особый интерес представляет режим сброса, который может возникнуть при переполнении емкости или ее разрушения.



Рис.1. Каскад водохранилищ на реке Кура. 1 – Шамкирское, 2 – Еникендское, 3 – Мингечаурское, 4 – Варварское водохранилища

Шамкирское водохранилище находится в Таузском и Шамкирском районах в среднем течении реки Кура. Оно охватывает долину реки Куры от истока Тоузчай до Шамкирчай. Кроме Куры, водохранилище питается водами Тоузчай, Зямчай, Чаирчай и Шамкирчай. Шамкирское водохранилище действует 35 лет, имеет площадь 116 кв. км. Его вместимость составляет 2,7 куб. км а максимальная глубина равна 70 м. На рис. 2 показано изображение водохранилища, полученное с помощью спутника LANDSAT-8.



Рис. 2. Спутниковый снимок Шамкирского водохранилища.

Высота воды при нормальном уровне объема Шамкирского водохранилища равна 158 м, а при мёртвом – 143,5 м. На Шамкирской ГЭС вырабатывается самый большой объем гидроэнергии

Азербайджане. Зимой водохранилище замерзает, температура воды в холодный период времени достигает 5-10 градусов, а летом 22-27 градусов.

Характерной особенностью Шамкирского водохранилища является то, что здесь в первую очередь собираются все отходы аллохтона, переносимые Курой и её основными притоками. Прозрачность воды по шкале между 3-25, количество взвешенных веществ в водной массе 70-350 мг/литр. Количество растворенного кислорода в воде достаточно велико, до 70-95%, а общий градус минерализации составляет от 500 до 800 мг/литр. Масса воды меняется несколько раз в год. Её использование многоцелевое и имеет большое значение в гидроэнергетике, орошении, рыболовстве и водоснабжении. Проводятся регулярные гидрометеорологические наблюдения.

С помощью программы ArcGIS 10.2 и модуля Spatial Analyst по космическим снимкам можно моделировать любое состояние водохранилища, определить границы водораздела, бассейна и т.д., можно изучать наводнение реки Кура, образуемые изменения в водохранилище, а с использованием DEM-модели можно определять уровень воды в водохранилище. На рис. 3 приведена DEM-модель Шамкирского водохранилища

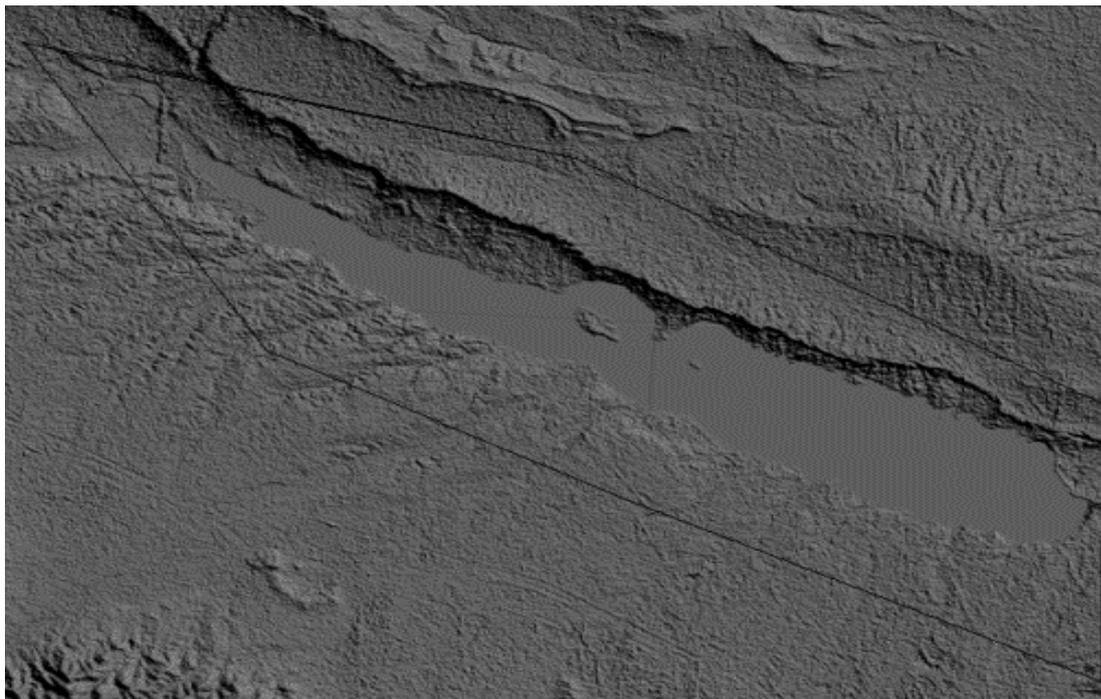


Рис.3. DEM модель Шамкирского водохранилища

Шамкирское, Еникендское, Мингечаурское и Варварское водохранилища расположены на разных высотах над уровнем моря и составляют ступенчатую (каскадную) водоемкость. Для исследования гидрографических процессов на каскадном водохранилище необходимо исследовать каждое водохранилище отдельно с сохранением последовательности.

Принимая во внимание топографическую характеристику водохранилища, математическую модель можно схематически представить, как показано на рис. 4.

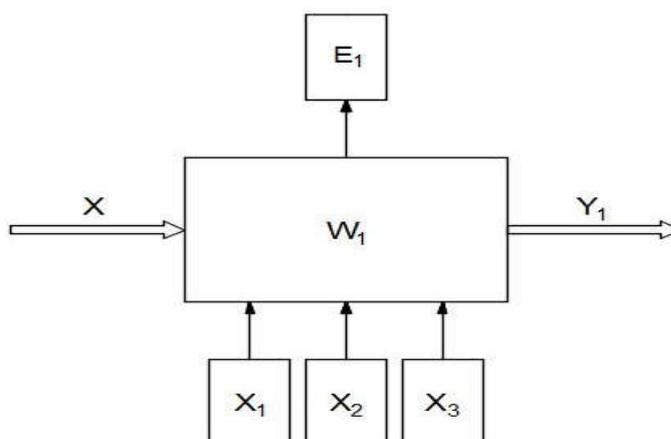


Рис. 4. Схема тематической модели Шамкирского водохранилища

Здесь w_1 – аккумуляция водной массы в водохранилище, x_1, x_2, x_3 – вода, поступающая в водохранилище из рек Куры, Шамкирчая, Товузчая и Заямчая, E_1 – вода, потребляемая из водохранилища с целью орошения, а y_1 – водная масса, выходящая из водохранилища в единицу времени [1].

Кинетико-математическая модель процесса приводится ниже

$$\frac{dw_1}{dt} = x + x_1 + x_2 + x_3 - E_1 - y_1$$

Функцию y_1 , характеризующую пропускную способность водохранилища, можно представить, как функцию аппроксимации в виде:

$$y_1 = \beta_1(e^{\alpha_1 w_1} - 1)$$

Здесь α_1 и β_1 – характеристики стокового элемента, предложенные известным специалистом в области математического моделирования в гидрологии Ю.Б.Виноградовым [2]. Но для практических вычислений достаточно принять линейную аппроксимацию:

$$y_1 = k_1 w_1$$

Здесь k_1 – постоянная, характеризующая пропускную способность водохранилища.

Таким образом, гидрографический процесс Шамкирского водохранилища может быть описан системой:

$$\begin{cases} \frac{dw_1}{dt} = x + x_1 + x_2 + x_3 - E_1 - y_1 \\ y_1 = k_1 w_1 \end{cases} \quad (1)$$

При $t=t_0, w=w_0$ и $x_1=x+6,3$ получим

$$w = \frac{\sum_{i=1}^3 x_i - E_1}{k_1} + (w_0 - \frac{\sum_{i=1}^3 x_i - E_1}{k_1}) e^{-k_1 t} \quad (2)$$

Основные выводы. Даны оценки функции w за время $t=36$ минут в соответствии с постоянной k_1 в таблице 1, и в соответствии с переменной k_1 в таблице 2. Во время вычисления были приняты следующие значения:

$$x_1 = 1396,3 \frac{m^3}{c}; x_2 = 6,3 \frac{m^3}{c}; x_3 = 8,37 \frac{m^3}{c}; E_1 = 57 \frac{m^3}{c}$$

Табл. 1.

Оценка процесса нормального режима сброса объема (значение k_1 постоянно, $k_1=0,001$)

t, сек	w, млн.м ³
0	1418
240	1121
480	882
720	694
960	546
1200	429
1440	338
1680	266
1920	206
2160	164

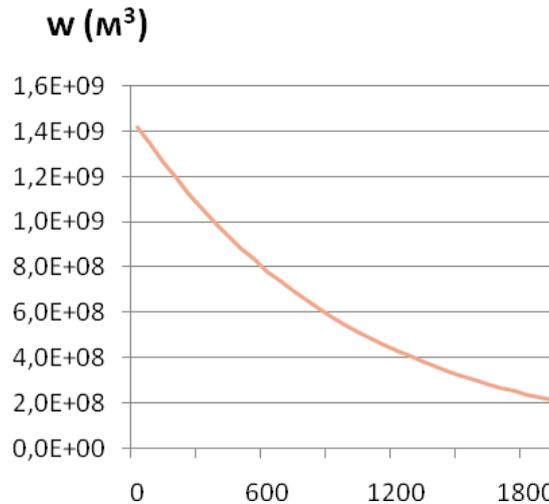
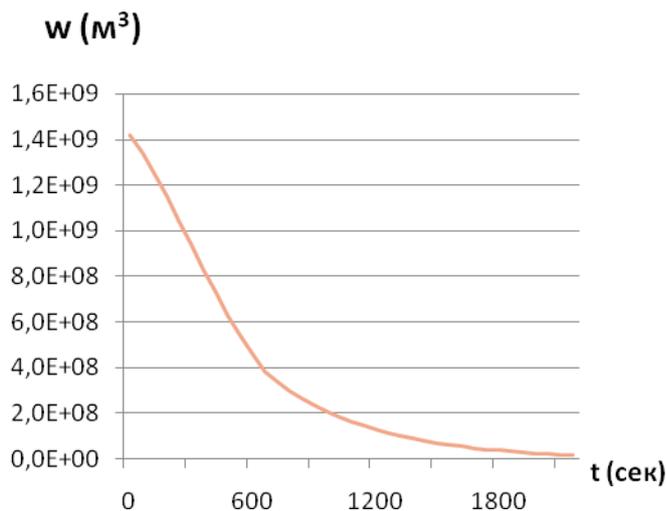


Рис.5. График процесса сброса объема при постоянной k_1 .

Табл.2.

Оценка процесса сброса при нарушении нормального режима (значение k_1 не постоянно)

t, сек	k_1 , сек ⁻¹	w, млн.м ³
0	0	1418
240	0,0013	1043
480	0,0017	630
720	0,002	338
960	0,002	209
1200	0,002	129
1440	0,002	80
1680	0,002	49
1920	0,002	31
2160	0,002	19

Рис. 6. График процесса сброса объема при переменной k_1

Заключение

Используя космические данные, смоделирован режим объемного опорожнения Шамкирского водохранилища.

Для этого построена математическая модель гидрологического режима, решена полученная система дифференциальных уравнений, результат аналитически исследован.

Литература

1. М.А.Хүмбәтәлиев, В.Қ.Мәһдиева, С.Қ.Дарыбарықад. Шәмкисуанбарының һәсми бошalma rejiminin modellәшdirilmәsindә kosmik verilәnlәrdән istifadә. "АМАКА-ның Хәбәрләри". 2017. Cild 20, №4. Бақи, 2017. S. 57-63.

2. Ю.Б.Виноградов. Математическое моделирование процессов формирования стока. Опыт критического анализа. Л., Гидрометеиздат, 1988. С. 141.

Refresh

1. М.А.Хүмбәтәлиев, В.Қ.Мәһдиева, С.Қ.Дарыбарықад. Шәмкисуанбарының һәсми бошalma rejiminin modellәшdirilmәsindә kosmik verilәnlәrdән istifadә. "АМАКА-ның Хәбәрләри". 2017. Cild 20, №4. Бақи, 2017. S. 57-63.

2. Ю.Б.Виноградов. Математическое моделирование процессов формирования стока. Опыт критического анализа. Л., Гидрометеиздат, 1988. с.141.

Рецензія/Peer review : 12.11.2017 р. Надрукована/Printed : 16.01.2018 р.
Стаття рецензована редакційною колегією