

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-4.416>

УДК 627.8.059

## ОСОБЕННОСТИ КАСКАДНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ГИДРОУЗЛОВ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Пастухов С.М., Османов Х.С.

*Цель.* Провести анализ водохранилищного фонда Азербайджанской Республики и установить отличительные особенности расположения искусственных водных объектов по гидрологической сети.

*Методы.* Проведение теоретического анализа распределения искусственных водных объектов по наиболее крупным рекам Азербайджанской Республики с учетом их географических и гидроморфологических особенностей.

*Результаты.* Проведен анализ расположения искусственных водных объектов по территории Азербайджанской Республики и сопредельных государств. Выявлены отличительные особенности каскада гидроузлов на реке Куре. Приведено обоснование необходимости разработки методики оценки риска возникновения чрезвычайных ситуаций на указанном каскаде гидроузлов с учетом их отличительных особенностей.

*Область применения исследований.* Представленные результаты могут быть использованы в сфере обеспечения безопасности гидротехнических сооружений напорного фронта, при проведении вероятностной и детерминированной оценки риска возникновения на них чрезвычайных ситуаций.

*Ключевые слова:* речной бассейн, водохранилище, гидроэлектростанция, каскад гидроузлов, оценка риска, чрезвычайные ситуации.

(Поступила в редакцию 30 октября 2020 г.)

### Введение

Очевидные на первый взгляд положительные эффекты гидротехнического и, в частности, гидроэнергетического строительства (такие, как введение новых энергетических мощностей, развитие на их основе промышленности и комфортных условий жизнедеятельности, многие другие выгоды, включая несомненные преимущества гидроэнергетики перед другими способами выработки электроэнергии) нередко перечеркиваются такими негативными эффектами, как присутствие постоянного риска возникновения на них аварийных ситуаций с причинением экологического, экономического и социального ущерба [1].

Создание каскадов гидроузлов и гидроэлектростанций (ГЭС) обеспечивает более полное зарегулирование стока и использование гидроэнергетических ресурсов, позволяет в максимальной мере увязать интересы гидроэнергетики и других участников водохозяйственного комплекса. При размещении ГЭС с регулируемыми водохранилищами выше в каскаде обеспечиваются зарегулированным стоком все нижерасположенные ГЭС каскада, увеличивая энергетические показатели, а также повышение гарантированной водоотдачи потребителям на нижерасположенном участке реки<sup>1</sup> [2]. Одним из главных недостатков каскада ГЭС с точки зрения обеспечения безопасности является то, что при возникновении аварийных ситуаций на вышележащем участке возникает опасность разрушения всех нижележащих гидроузлов и сооружений на них.

С целью обеспечения безопасных условий эксплуатации гидродинамических объектов на всех жизненных циклах (проектирование, ввод в эксплуатацию и эксплуатация, проведение ремонтных работ, консервация) необходимо осуществлять оценку величины риска возникновения аварийных и чрезвычайных ситуаций. Указанная процедура требует разра-

<sup>1</sup> Российское акционерное общество энергетики и электрификации «ЕЭС России». Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения. СО 34.21.308–2005. – Введ. 01.01.06. – СПб.: ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», 2005. – 69 с.

ботки соответствующих методических подходов и механизмов с учетом отличительных особенностей (конструктивных, географических и гидроморфологических) каждого гидроузла. Разработанные на основе результатов оценки риска меры по недопущению возникновения аварийных и чрезвычайных ситуаций и (или) минимизации причиненного ими вреда входят в проект гидротехнических сооружений в качестве одного из важнейших разделов<sup>2</sup>.

Одна из важнейших задач, стоящих перед Азербайджаном, – обеспечение водной безопасности, которая связана с продовольственной и энергетической безопасностью. С целью выполнения указанных задач в настоящее время разработан проект Водной стратегии страны, которая позволит определить основные направления развития водохозяйственного комплекса, охраны водных объектов, защиты населения и объектов экономики от отрицательного воздействия вод, а также установит принципы государственной политики в области интегрированного управления водными ресурсами, рационального использования и охраны водных объектов, принятие законодательных и подзаконных актов по обеспечению охраны водных экосистем, а также взаимоприемлемые и взаимовыгодные отношения между всеми субъектами<sup>3</sup>.

Таким образом, необходимо отметить, что обеспечение безопасности искусственных водных объектов в Азербайджане является одним из элементов обеспечения Национальной безопасности страны в социальной, экономической, экологической и научной сферах<sup>4</sup>.

Выявленные в результате детального анализа водохранилищного фонда Азербайджанской Республики отличительные особенности каскадного расположения гидроузлов в последующем будут учтены при разработке методики оценки риска возникновения на них чрезвычайных ситуаций и мероприятий по защите населения и объектов экономики от отрицательного воздействия сооружений напорного фронта.

### Основная часть

В Азербайджане четко прослеживается неравномерное распределение водных ресурсов по всей территории. Всего 10 % от общего запаса водных ресурсов Южного Кавказа приходится на долю Азербайджана<sup>5</sup>. Более 65 % водных ресурсов поступают на территорию страны трансграничными и приграничными реками. По расчетам Международного института запасов Азербайджанская Республика к 2025 г. войдет в число самых малообеспеченных водными ресурсами 13 стран, где на одного жителя будет приходиться приблизительно 972 м<sup>3</sup> воды в год. Географическое положение Азербайджана определяется также высокой чувствительностью к изменению климата [3].

Территория Азербайджана находится на северной оконечности субтропической зоны, и две трети страны расположены в бассейне реки Кура – Аракс. Климатическое разнообразие страны обусловлено сложным географическим положением и ландшафтом, близостью Каспийского моря, влиянием солнечной радиации и воздушных масс различного происхождения. Общие запасы воды в стране при среднегодовой обеспеченности составляют 28,5–30,5 км<sup>3</sup>, а в маловодные годы эти запасы уменьшаются до 22,6 км<sup>3</sup> [4]. В общей сложности

<sup>2</sup> О безопасности гидротехнических сооружений [Электронный ресурс]: Закон Азербайджанской Республики, 27 дек. 2002 г., № 412-ПQ; в ред. Закона Азербайдж. Респ. от 18.12.2015 г. № 46-VQD // Законодательство стран СНГ. – Режим доступа: [http://base.spinform.ru/show\\_doc.fwx?rgn=85025](http://base.spinform.ru/show_doc.fwx?rgn=85025). – Дата доступа: 29.10.2020.

<sup>3</sup> Ахудов, А. Деятельности по обеспечению безопасности плотин в Азербайджане [Электронный ресурс] / А. Ахудов, С. Гасанзаде // DOCPLAYER. – 2020. – Режим доступа: <https://docplayer.ru/49827450-Deyatelnosti-po-obespecheniyu-bezopasnosti-plotin-v-azerbay-dzhane.html>. – Дата доступа: 23.10.2020.

<sup>4</sup> О национальной безопасности [Электронный ресурс]: Закон Азербайджанской Республики, 29 июня 2004 г., № 712-ПQ; в ред. Законов Азербайдж. Респ. от 21.12.2010 г. № 38-IVQD, 21.12.2012 г. № 522-IVQD // Законодательство стран СНГ. – Режим доступа: [http://base.spinform.ru/show\\_doc.fwx?rgn=7431](http://base.spinform.ru/show_doc.fwx?rgn=7431). – Дата доступа: 29.10.2020.

<sup>5</sup> Казибеков, Н. Интегрированное управление водными ресурсами (ИУВР) в Азербайджане [Электронный ресурс] / Н. Казибеков // CA Water Info: Портал знаний о водных ресурсах и экологии Центральной Азии. – 2020. – Режим доступа: <http://www.cawater-info.net/library/rus/almaty2004/kazibekov.pdf>. – Дата доступа: 20.10.2020.

Азербайджан имеет 8350 рек, которые распределены на три основных речных бассейна: бассейн реки Куры, бассейн реки Аракс, бассейн рек, непосредственно впадающих в Каспийское море, создавая среднюю плотность речной сети 0,36 км/км<sup>2</sup> [5]. Из всех рек 21 является трансграничной, они впадают в Азербайджан из Армении, Грузии, России или Ирана. Длина рек варьируется – 2 реки распространяются более чем на 500 км, 22 реки между 101–500 км, 324 реки – между 11 и 100 км соответственно. Длина остальных рек не превышает 10 км [3].

Река Кура общей длиной 1515 км – самая большая река республики. Второй по величине водной артерией Азербайджана является река Араз. Общая площадь бассейна рек Кура – Аракс составляет около 190 110 км<sup>2</sup>, из которых 65 % расположены в странах Южного Кавказа: 31,5 % в Азербайджане, 18,2 % в Грузии и 15,7 % в Армении. Оставшаяся часть распределяется между Исламской Республикой Иран – 19,5 % и Турцией 15,1 % [5].

Река Аракс берет начало в Турции и через 300 км становится частью международной границы между Арменией и Турцией, Азербайджаном и Турцией, Арменией и Исламской Республикой Иран, а также между Азербайджаном и Исламской Республикой Иран. Река Аракс длиной около 1072 км имеет средний расход 210 млн м<sup>3</sup> в год. Общий годовой поток из Армении в Азербайджан через реку Аракс и ее притоки оценивается примерно в 5,62 км<sup>3</sup>, а из Исламской Республики Иран – в 7,5 км<sup>3</sup> [5].

По данным государственного Агентства водных ресурсов, в настоящее время в Азербайджане эксплуатируется 135 искусственных водных объектов, относящихся к категории водохранилищ, 49 100 оросительных каналов, более 30 000 коллекторно-дренажных систем, 117 000 гидротехнических сооружений, из них из камня, бетона или бетонные плотины – 132 км, 941 насосная станция общей мощностью более 700 МВт; более 1800 км противоселевых и противопаводковых защитных валов [3].

Большинство водоемов используется комплексно для выработки электроэнергии, ирригации, рыбозаведения и питьевых целей. Общий объем водоемов составляет более 21,5 км<sup>3</sup>, которые занимают площадь 877 км<sup>2</sup>, полный объем установленных гидроэлектростанций составляет 1000 МВт [4]. Распределение водохранилищ Азербайджанской Республики по их целевому назначению приведено на рисунке 1.

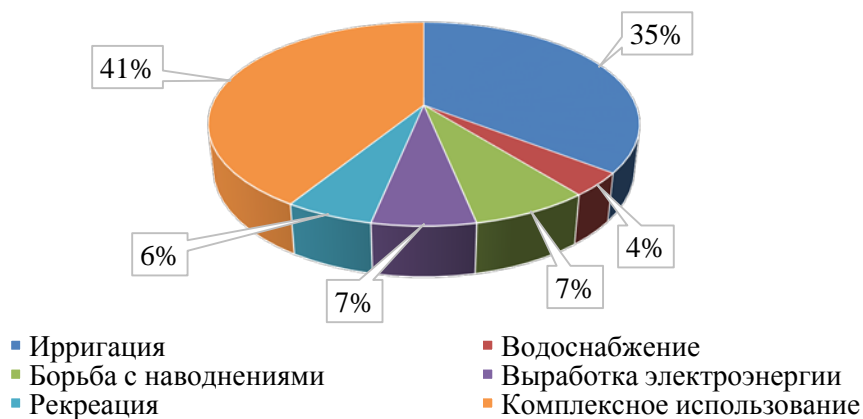
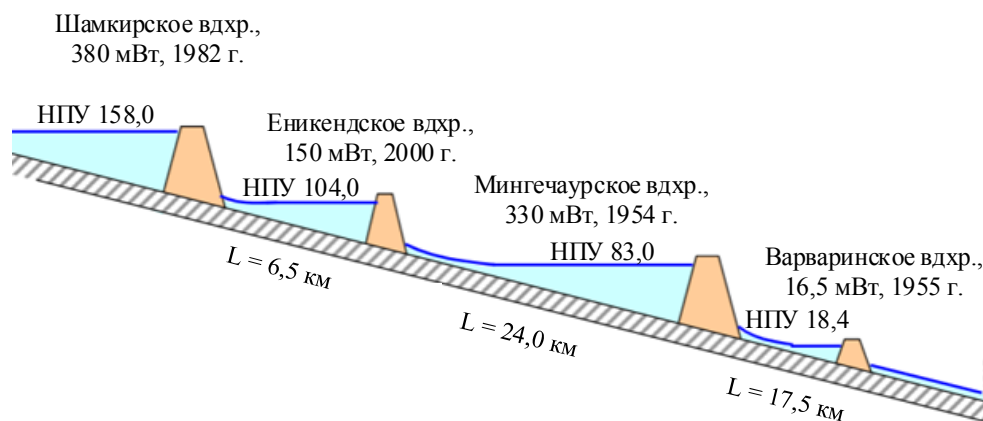


Рисунок 1. – Распределение водохранилищ Азербайджанской Республики по их назначению

Исходя из анализа опубликованных данных ICOLD (*International Commission of Large Dams*), можно сделать вывод, что низконапорные водоемы используются преимущественно с целью ирригации (орошения), назначение средненапорных водохранилищ дополняется регулированием стока с целью борьбы с наводнениями и дождевыми паводками, а также энергетическими целями. Высоконапорные гидроузлы являются, как правило, водоемами комплексного использования (рекреация, ирригация, регулирование стока, техническое водоснабжение) с ярко выраженным назначением по выработке электроэнергии [6].

Крупнейшими водохранилищами являются: Мингечаурское водохранилище (введено в эксплуатацию в 1953 г., общий объем составляет 15 730 млн м<sup>3</sup>), Шамкирское водохранилище (введено в эксплуатацию в 1982 г., общий объем составляет 2677 млн м<sup>3</sup>), водохранилище Араз (введено в эксплуатацию в 1971 г., общий объем составляет 1254 млн м<sup>3</sup>), Сарсангское водохранилище (введено в эксплуатацию в 1976 г., общий объем составляет 565 млн м<sup>3</sup>). Кроме того, 4 водохранилища (Шамкирское, Еникендское, Мингечаурское и Вараваринское) зарегулированы в каскад на русле реки Куры (рис. 2) [3; 5].



$L$  – расстояние между верхним и нижним бьефами гидроузлов; НПУ – нормальный подпорный уровень, м

**Рисунок 2. – Каскад водохранилищ на на реке Кура**

С вводом в 1982 г. в эксплуатацию Шамкирского водохранилища река Кура в среднем течении полностью потеряла свой естественный режим. Эти 2 крупных водохранилища (Шамкирское и Мингечаурское), а также существующие Вараваринское и Еникендское в комплексе создали возможность многолетнего регулирования стока и преобразовали среднее течение реки Куры в каскад водохранилищ и ГЭС [7].

Немаловажное значение в регулировании стока реки Куры имеют и многочисленные ирригационные водохранилища, созданные на ее притоках. Наиболее крупными из них являются: Сарсангское (площадь 13,85 км<sup>2</sup>, объем 560 млн м<sup>3</sup>), Акстафачайское (площадь 6,3 км<sup>2</sup>, объем 120 млн м<sup>3</sup>), Хачинчайское (площадь 1,76 км<sup>2</sup>, объем 23 млн м<sup>3</sup>), Ахынджачайское (площадь 0,92 км<sup>2</sup>, объем 14 млн м<sup>3</sup>), а также наливные: Ноуркшплакское (площадь 1,96 км<sup>2</sup>, объем 16,2 млн м<sup>3</sup>) и Екаханинское (площадь 3,70 км<sup>2</sup>, объем 19 млн м<sup>3</sup>).

Ряд водохранилищ создан на реках, непосредственно впадающих в Каспийское море. Наиболее крупным среди них является наливное Джейранбатанское водохранилище. Оно создано в 1958 г. на Апшеронском полуострове с подпитывающим Самур-Апшеронским каналом длиной 182 км и пропускной способностью 85 м<sup>3</sup>/с. Этот водоем площадью 3,9 км<sup>2</sup> и объемом 186 млн м<sup>3</sup> широко использует Баку и Сумгаит и отводящим Апшеронским каналом орошаются 16 тыс. га земель [3; 5].

Исходя из проведенного анализа установлено, что наибольший интерес с точки зрения обеспечения безопасности представляет собой каскад гидроузлов, расположенный на реке Кура в пределах территории Азербайджана, включающий Шамкирское, Еникендское, Мингечаурское и Вараваринское водохранилища.

Отличительными особенностями указанного каскада водохранилищ являются:

расположение гидроузлов не только на главной реке, но и на притоках первого и второго порядка (р. Большая Лиавхи – Кехви ГЭС; р. Аракс – гидроузел Аракс, Худаферинская ГЭС; р. Храмы – Храмовый каскад ГЭС, образующий Цалкское водохранилище с двумя ГЭС: Храмы ГЭС-1 и Храмы ГЭС-2; р. Арагви – Жинвальская ГЭС);

наличие ярко выраженной регулирующей функции крупных водохранилищ (Мингечаурское, Шамкирское) в режиме работы всей водоресурсной системы речного бассейна реки Куры [7];

формирование водного режима бассейна реки Куры в высокогорных, горных и предгорных зонах со значительной неравномерностью характеристик стока во времени и по территории, а также наличие резко разграничительных областей формирования и использования стока [7];

распределение гидроузлов по территориям стран, граничащих с Азербайджаном (Грузия, Армения, Турция и Южная Осетия), и, как следствие, необходимость оптимизации режимов рационального распределения стока при строительстве и вводе в эксплуатацию новых гидроузлов<sup>6</sup>;

наличие в пределах одного каскада водоемов, находящихся в подпоре друг с другом, а также свободного участка русла между ними с нормальной глубиной, что приводит к различному влиянию смежных водохранилищ друг на друга при максимальных водосбросных расходах [8].

### Заключение

На основании проведенного анализа водохранилищного фонда Азербайджанской Республики можно сделать вывод о низкой обеспеченности водными ресурсами и неравномерном их распределении по территории страны. Рассматривая искусственные водные объекты, отметим ярко выраженный каскад гидроузлов, расположенный в бассейне рек Кура – Аракс. Водоохранилища, как правило, используются комплексно с упором на орошение, рекреацию, а также в энергетических целях.

С учетом выявленных географических и гидроморфологических особенностей можно сделать вывод, что наибольшей потенциальной опасностью обладает каскад гидроузлов, представленный Шамкирским, Еникендским, Мингечаурским и Вараваринским водохранилищами. Особое место отводится Мингечаурскому водохранилищу. Другие водохранилища выше по течению реки Куры помимо водообеспечения служат дополнительным резервом воды, которая, будучи сработанной в Мингечаурское водохранилище, может быть отдана из него потребителям в требуемом режиме. Относительно небольшое расстояние между Еникендским и Шамкирским гидроузлами (участок русла около 6,5 км) позволяет их рассматривать находящимися в подпоре друг с другом, что приводит к необходимости дополнительного учета в обеспечении безопасности Мингечаурского гидроузла.

Таким образом, выявленные особенности каскадного расположения гидроузлов Азербайджанской Республики свидетельствуют о необходимости проведения комплексной оценки риска возникновения на них аварийных ситуаций с разработкой соответствующего методического аппарата и мероприятий по его минимизации.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Методические рекомендации по оценке риска аварий гидротехнических сооружений водохранилищ и накопителей промышленных отходов: утв. НИИ ВОДГЕО, соглас. МЧС РФ 14.08.2001 № 9-4/02-644: текст по сост. на 1 дек. 2002 г. – М., 2001. – 34 с.
2. Плачков, И.В. Энергетика: развитие теплоэнергетики и гидроэнергетики [Электронный ресурс] / И.В. Плачков, Н.И. Дунаевская, В.С. Подгуренко [и др.]. – Киев, 2012. – Кн. 3. – Режим доступа: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-3/part-2/section-2/2>. – Дата доступа: 23.10.2020.
3. Ханан, Т. Аналитический обзор по гидрологии. Проект ПРООН/ГЭФ Снижение трансграничной деградации в бассейне рек Кура – Аракс / Т. Ханан, Х. Льюмменс, М. Мэттьюз. – Тбилиси – Баку – Ереван, 2013. – 30 с.
4. Иманов, Ф.А. Водные ресурсы и их использование в трансграничном бассейне реки Куры / Ф.А. Иманов. – СПб.: Свое издательство, 2016. – 164 с.

<sup>6</sup> Более 15 ГЭС будет построено на реке Кура в рамках грандиозного проекта [Электронный ресурс] // Sputnik Грузия. – Режим доступа: <https://sputnik-georgia.ru/economy/20141209/217198057.html>. – Дата доступа: 24.09.2020.

5. Халилов, Ш.Б. Основные географические проблемы взаимодействия крупных водохранилищ с окружающей средой (на примере Азербайджанской Республики): автореф. дис. ... д-ра геогр. наук / Ш.Б. Халилов; Ин-т геогр. им. акад. Г.А. Алиева АН Азербайдж. Респ. – Баку, 1996. – 46 с.
6. ICOLD (International commission of Large Dams), Bulletin 99, Dam Failures, Statistical Analysis, Commission Internationale des Grands Barrages. – Paris, 1995. – 73 p.
7. Джафаров, Г.В. Методика определения рациональных режимов работы Кура-Аракского каскада водохранилищ: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.04 / Г.В. Джафаров. – Баку, 1991. – 135 л.
8. Михневич, Э.И. Устойчивость русел открытых водотоков / Э.И. Михневич. – Минск: Ураджай, 1988. – 240 с.

**Особенности каскадного расположения гидроузлов Азербайджанской Республики**  
**Distinctive features of cascaded hydraulic units location in the Republic of Azerbaijan**

**Пастухов Сергей Михайлович**

кандидат технических наук, доцент

Министерство по чрезвычайным  
ситуациям Республики Беларусь,  
отдел науки и инновационного развития,  
начальник отдела

Адрес: ул. Революционная, 5,  
220030, г. Минск, Беларусь

e-mail: plamennyj98@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1437-1913

**Sergey M. Pastukhov**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Ministry of Emergency Situations  
of the Republic of Belarus,  
Science and Innovation Development  
Department, Head of Department

Address: Revolucionnaya str., 5,  
246023, Minsk, Belarus

e-mail: plamennyj98@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1437-1913

**Османов Хикмет Собирович**

Министерство по чрезвычайным ситуациям  
Азербайджанской Республики,  
главное управление кадровой политики,  
начальник управления

Адрес: ул. М. Мушвига, 501,  
AZ1073, г. Баку, Азербайджан

e-mail: az.hikmet@gmail.com

**Khikmet S. Osmanov**

Ministry of Emergency Situations  
of the Republic of Azerbaijan,  
Main Department of Personnel Policy,  
Head of Department

Address: M. Mushviga str., 501,  
AZ1073, Baku, Azerbaijan

e-mail: az.hikmet@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-4.416>

## **DISTINCTIVE FEATURES OF CASCAD HYDRAULIC UNITS LOCATION IN THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN**

**Pastukhov S.M., Osmanov Kh.S.**

*Purpose.* To analyze the reservoir fund of the Republic of Azerbaijan and to establish the distinctive features of the location of artificial water bodies along the hydrological network.

*Methods.* Theoretical analysis of the distribution of artificial water bodies along the largest rivers of the Republic of Azerbaijan taking into account their geographical and hydromorphological features.

*Findings.* The analysis of the location of artificial water bodies in the territory of the Republic of Azerbaijan and neighboring states has been carried out. Distinctive features of the cascade of waterworks on the Kura river have been identified. The substantiation of the need to develop a methodology for assessing the risk of emergencies at the specified cascade of hydroelectric complexes, taking into account their distinctive features is given.

*Application field of research.* The presented results can be used in the field of ensuring the safety of hydrotechnical pressure front structures when carrying out the probabilistic and deterministic assessment of risk of emergencies on them.

*Keywords:* river basin, water reservoir, hydroelectric power plant, cascade of hydrological units, risk assessment, emergency situations.

(The date of submitting: October 30, 2020)

### **REFERENCES**

1. *Metodicheskie rekomendacii po ocenke riska avariyn gidrotekhnicheskix sooruzheniy vodohranilish I nako-piteley promyshlennyx otkodov* [Methodological recommendations for assessing the risk of accidents in hydraulic structures of reservoirs and industrial waste storage facilities]: approved NII VODGEO, agrees. EMERCOM of the Russia, August 14, 2001 № 9-4/02-644: text as of December 1, 2002. Moscow, 2001. 34 p. (rus)
2. Plachkov I.V., Dunaevskaya N.I., Podgurenko V.S. *Energetika: razvitie teploenergetiki i gidroenergetiki* [Energy: development of thermal power and hydropower]. Kiev, 2012. Book 3, available at: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-3/part-2/section-2/2> (accessed: October 23, 2020). (rus)
3. Hanan T., Luimens X., Mettuiz M. *Analiticheskiy obzor po gidrologii. Proekt PROON/GEF Snizenie transgranichnoy degradacii v basseine reki Kura Araks* [Analytical review on hydrology. UNDP / GEF Project reducing transboundary degradation in the Kura Araks river basin]. Tbilisi – Baku – Erevan, 2013. 30 p. (rus)
4. Imanov F.A. *Vodnye resursy i ix ispolzovanie v transgranichnom basseine r. Kury* [Water resources and their use in the transboundary basin of the Kura river]. St. Petersburg: Svoe izdatelstvo, 2016. 164 p. (rus)
5. Halilov Sh.B. *Osnovnye geograficheskie problem vzaimodeistviya krupnyx vodoxranilish s okruzayushey sredoi (na primere Azerbayjanskoy Respubliki)* [The main geographic problems of the interaction of large reservoirs with the environment (on the example of the Republic of Azerbaijan)]. Grand PhD geographical sci. diss. Synopsis. Baku, 1996. 46 p. (rus)
6. *ICOLD (International commission of Large Dams), Bulletin 99, Dam Failures, Statistical Analysis, Commission Internationale des Grands Barrages.* Paris, 1995. 73 p.
7. Dzafarov G.B. *Metodika opredeleniya racionalnyx regimov raboty Kura-Araksogo kaskada vodohranilish* [Methodology for determining the rational operating modes of the Kura-Arak cascade of reservoirs]. PhD technical sci. diss. Synopsis: 05.23.04. Baku, 1991. 135 p. (rus)
8. Mihnevich E.I. *Ustoychivost rusl otkrytyx vodotokov* [Stability of open watercourses]. Minsk: Uradjai, 1988. 240 p. (rus)