

4. **Luzhin O.V., Khalfin I.Sh.** Dinamichesky raschet glubokovodnykh skvoznykh sooruzheniy na vozdejstvie sluchainogo shtormovogo volneniya / Volnovye vozdejstviya na morskoe neftegazovye sooruzheniya. ch. 2. – M.: VNIIOENG, 1977. – S. 42-84.

5. **Efremov M.M.** Raschet glubokovodnoy platform na vozdejstviya volny i techeniya. / Experimentalno-teoreticheskie issledovaniya antennykh sooruzheniy i glubokovodnykh osnovaniy. – M.: TSNII projectkonstruktsiya im. Melnikova, 1988. – S. 160-166.

6. **Douson T.** Proektirovanie sooruzheniy morskogo shelfa: Per. s angl. – L.: Sudostroenie, 1986. – 288 s.

7. Morskoe gidrotehnicheskoe sooruzheniya na kontinentalnom shelfe. / Simakov G.V., Shchhinek K.N., Smelov V.A., Marchenko D.V., Khrapaty N.G. – L.: Sudostroenie, 1989. – 328 s.

The material was received at the editorial office 11.09.2018 g.

Information about the authors

Zharnitsky Valerij Yakovlevich, doctor of technical sciences, professor of the chair «Bases and foundations, building and expertise of realty objects» FSBEU HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, Timiryazevskaya ul., 49, e-mail: zharnitskiy@mail.ru

Andreev Yevgeniy Vladimirovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Bases and foundations, building and expertise of realty objects» FSBEU HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, Timiryazevskaya ul., 49, e-mail: andreev-rf@mail.ru

Silkin Alexandr Mikhailovich, doctor of technical sciences, professor of the chair «Bases and foundations, building and expertise of realty objects» FSBEU HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, Timiryazevskaya ul., 49, e-mail: zharnitskiy@mail.ru

УДК 502/504:627.8:626.811/.816:338.43

М.И. ЛОСКИН

ГБУ «Управление по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению» Министерства сельского хозяйства Республики Саха (Якутия), г. Якутск, Российская Федерация

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДЗИМНЕГО Понижения Уровня Воды НА НИЗКОНАПОРНОМ ГИДРОУЗЛЕ КУОГАЛЫ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Представлены результаты оценки экономической эффективности предзимнего понижения уровня воды в водохранилище многоцелевого назначения с учетом бесперебойного водоснабжения населенного пункта. Потребность в новых подходах к эксплуатации гидротехнических сооружений в центральной Якутии обусловлена изменением природно-климатических условий, вызывающих снижение степени безопасности гидротехнических сооружений. При дальнейшем развитии сценария потепления наличие талых зон внутри земляных плотин повысит вероятность аварий, связанных с затоплением населенных пунктов в случае прорыва сооружения. В целях безопасной эксплуатации сооружений возникает необходимость пересмотра параметров водохранилищ, особенно в зимний период, с учетом обеспечения нужд водопотребления и экономической эффективности планируемых мероприятий. Выполнено сопоставление предполагаемых ущербов от гидродинамической аварии при различных объемах наполнения водохранилища с планируемыми эксплуатационными затратами на мероприятия по ее предотвращению, показавшее безусловную целесообразность последних.

Эксплуатация гидротехнических сооружений, экономическая эффективность, сельскохозяйственное водоснабжение, предзимнее понижение, безопасность гидротехнических сооружений, ущерб, объем водохранилищ, водопотребление.

Введение. При строительстве гидротехнических сооружений (ГТС) в Республике

Саха (Якутия), получивших широкое распространение в 70-80 годы прошлого столетия,

применялся принцип сохранения грунтов основания в мерзлом состоянии. Вместе с тем существенные изменения климата в последние годы привели к заметному изменению водности водохранилищ и других водоемов данной территории [1]. Изменившиеся природно-климатические условия обусловили воздействие на основания и фундаменты инженерных сооружений, построенных на мерзлых грунтах, в первую очередь, понизив надежность и безопасность ГТС, испытывающих не только общеклиматический, но и техногенный прессинг, причиной которого являются дополнительные водно-тепловые нагрузки от водохранилищ [2]. Главной опасностью является вероятность затопления населенных пунктов в случае аварий напорных сооружений. Решение данной проблемы требует новых подходов к эксплуатации гидротехнических сооружений и обоснования их экономической эффективности.

В качестве эффективного мероприятия повышения безопасности гидротехнических сооружений в центральной Якутии автором предлагается предзимнее снижение уровня воды в многоцелевых водохранилищах мелиоративного водохозяйственного комплекса, выполняемое с учетом нужд сохраняющихся на указанный период водопотребителей. Оценка эффективности предлагаемых мероприятий выполнена на примере низконапорного гидроузла Куогалы Республики Саха (Якутия).

Цель исследований – обоснование экономической целесообразности внедрения в центральной Якутии эксплуатационных мероприятий повышения безопасности ГТС мелиоративного водохозяйственного комплекса за счет предзимнего понижения уровня воды в водохранилищах при сохранении

водообеспеченности оставшихся потребителей.

Материалы и методы исследований. Определение экономической эффективности проводилось с использованием положений «Методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель (РД АПК3.00.01.003-03)».

Гидроузел Куогалы предназначен для поддержания необходимого уровня воды в водохранилище Куогалы, объем которого составляет 1,4 млн м³. Данный гидроузел построен в 1998 году для обеспечения питьевой и технической водой западной части села Чурапча – микрорайона Куогалы и создания благоприятного микроклимата. Водоисточником водохранилища является речка Куохара. Гидроузел Куогалы состоит из: грунтовой насыпной подпорной плотины длиной 230 м, высотой 3 м, шириной по гребню 4,5 м, заложением откосов 1:2 и 1:3; уровневого автоводосброса из матрацев Рено и габионов; трубчатого сифонного водосброса диаметром 300 мм; ледозащитного устройства и охлаждающих установок (рис. 1). Расчетная водопропускная способность автоводосброса 18 м³/сек. Отметка гребня плотины – 173,5 м, нормальный подпорный уровень – 171,8 м, форсированный подпорный уровень – 172,65 м, уровень мертвого объема – 170,0 м. Площадь водохранилища – 51 га. Полезный объем водохранилища равен 0,9 млн м³. Гидроузел Куогалы (III класс опасности), являющийся государственной собственностью Республики Саха (Якутия), находится в оперативном управлении ГБУ «Управление по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению» Министерства сельского хозяйства Республики Саха (Якутия).



Рис. 1. Гидроузел Куогалы со стороны нижнего бьефа

В микрорайоне Куогалы проживает 2323 человек, действует одно детское дошкольное, одно общеобразовательное учреждение, функционируют производственные предприятия и социальные объекты. Согласно данным, изложенным в письме администрации муниципального образования «Чурапчинский улус (район)» Республики Саха Якутия «О количестве населения, КРС, лошадей, социальных объектов, площади поливных участков» (№ 161 от 09.02.2018.), крупный рогатый скот (КРС) насчитывает 400 голов, лошадей насчитывается 200 голов.

Результаты и обсуждение. Типы сооружений и их параметры в периоды строительства были определены в соответствии со СП 58.13330.2012 «Гидротехнические сооружения. Основные положения» на основании сравнения технико-экономических показателей вариантов сооружений и с учетом дополнительных факторов, таких как:

- объемы и нормы водопотребления населенного пункта;
- водохозяйственный прогноз гидрологического режима рек;
- условия быта и отдых населения;
- сохранность животного и растительного мира;
- воздействие водохранилища на окружающую среду.

Расчет современного водопотребления населенного пункта в настоящей работе определялся согласно данным письма администрации муниципального образования «Чурапчинский улус (район)» Республики Саха Якутия «О количестве населения, КРС, лошадей, социальных объектов, площади поливных участков» (№ 161 от 09.02.2018.).

Укрупненный расчет водопотребления населенного пункта выполнен в соответствии с положениями СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения»:

Нужды населения:

$$Q_{\text{нас}} = 0,2 \text{ м}^3 \times 2323 \text{ чел} \times 365 \text{ сут} = 169579 \text{ м}^3/\text{год}$$

Расходы на полив приусадебных участков:

$$Q_{\text{пол}} = 0,05 \text{ м}^3 \times 2323 \text{ чел} = 116 \text{ м}^3/\text{год}$$

Водопотребление КРС и лошадей составит:

$$Q_{\text{скот}} = (0,08 \text{ м}^3 \times 400 \text{ гол} + 0,06 \text{ м}^3 \times 200 \text{ гол}) \times 365 \text{ сут} = 16060 \text{ м}^3/\text{год}$$

Потребность на пожаротушение не рассчитывается, так как учтена в объеме основного водохранилища села Чурапча.

Суммарное водопотребление:

$$169579 + 116 + 16060 = 185755 \text{ м}^3/\text{год}$$

Нужды социальных объектов – 12% от суммарного водопотребления:

$$Q_{\text{пром}} = 185755 \times 0,12 = 22291 \text{ м}^3/\text{год}$$

Объем льда в зимний период, исключаемый из водопотребления:

$$Q_{\text{льда}} = 0,5 \text{ м} \times 0,5 \text{ лет} \times 0,9 \text{ (плотность льда)} \times 45 \text{ га} = 10125 \text{ м}^3/\text{год}$$

Итого необходимый минимальный полезный объем водохранилища составит:

$$W_{\text{пол.мин.}} = 185755 + 22291 + 10125 = 218171 \text{ м}^3$$

С учетом непредвиденных ситуаций он увеличивается на 10-15%:
 $W_{\text{пол}} = 250000 \text{ м}^3$

Как видно из проведенных расчетов, объем воды в водохранилище превышает потребности данного микрорайона. Так полезный объем водохранилища 0,9 млн м³ в 3 раза больше годового водопотребления микрорайона, составляющего 0,25 млн м³. Следовательно, имеется возможность повышения устойчивости гидротехнических сооружений, путем включения в состав эксплуатационных мероприятий предзимнее понижение уровня воды в водохранилище с целью интенсификации промерзания тела и основания сооружений.

Учитывая природно-климатические условия центральной Якутии, считаем, что оптимальным периодом для предзимнего понижения уровня воды в водохранилище является конец сентября – начало октября перед ледоставом. При наличии 1 сифонного водосброса, диаметром 300 мм, обеспечивающего расход в 0,25 м³/сек, для

перекачивания объема воды в 0,65 млн м³ предлагается установка дополнительно одной нитки аналогичного сифонного водосброса, что позволит откачать требуемый объем воды за 15 суток. Капитальные вложения по устройству дополнительного сифонного устройства составляют 250 тысяч рублей. Эксплуатационные затраты – 19 тысяч рублей в год.

В качестве результата от реализации планируемых мероприятий повышения эксплуатационной надежности ГТС принимается величина предотвращенного ущерба от возможной аварии с учетом риска наступления аварийной ситуации. Наиболее тяжелый сценарий аварии в соответствии с Декларацией безопасности гидротехнических сооружений водохранилища «Куогалы» с. Чурапча Чурапчинского улуса Республики Саха (Якутия) № 11-13(00) – 0023-27-ВОД от 06.06.2013 связан с переполнением емкости водохранилища и переливом воды через гребень плотины. В результате ожидается размыв плотины с образованием прорана максимальной шириной 205 м. Прогнозируемые характеристики потока в проране составляют: расход $Q_{\max} = 1261 \text{ м}^3/\text{с}$, максимальная глубина $h_{\max} = 5,5 \text{ м}$, скорость $V_{\max} = 6,28 \text{ м/с}$, объем воды, вытекающий из водохранилища 1,4 млн.м³. Из тела плотины будет вынесено 155 м³ грунта. Общее время стока воды из водохранилища – 68,4 часа. В зону возможного подтопления попадают 1200 человек, деревянные застройки жилых зданий. Общий ущерб от гидродинамической аварии с вероятностью наступления 0,01 по Декларации безопасности составит 65,727 млн рублей. При этом

риск неблагоприятной гидрогеологической ситуации составит

$$65727 \text{ тыс. руб.} \times 0,01 = \\ = 657,27 \text{ тыс. руб.} [3, 4].$$

Критерием целесообразности инвестиций в развитие мероприятий эколого-социальной безопасности гидроузла принят дисконтированный прирост чистого дохода (ДПЧД), исчисляемый через дисконтированное сальдо приростного чистого денежного потока за период функционирования планируемых мероприятий.

$$\text{ДПЧД} = \sum_m f_m \alpha_m \geq 0$$

где $\sum f_m$ – дисконтированное сальдо приростного чистого денежного потока на m шаге, α_m – коэффициент дисконтирования. Сумма \sum распространяется на все шаги расчетного периода. m – количество лет в рассматриваемом шаге общего расчетного периода принято равным 30 годам, из которых 10 лет осуществляется эффективная реализация эксплуатационных мероприятий повышения безопасности гидроузла, $\alpha_m = 1/(1+E)^m$ где E – норма дисконта, равная для оценки общественной эффективности 6%.

Сальдо приростного чистого денежного потока на m шаге определялось с учетом выше приведенных результатов и затрат на эксплуатационные мероприятия по гидроузлу. Результаты оценки, представленные на рисунке 2 и в таблице, свидетельствуют об экономической эффективности планируемых решений, так как дисконтированный прирост чистого дохода на расчетный 30 летний период их реализации больше 0 и составляет 174,5 тыс. руб.

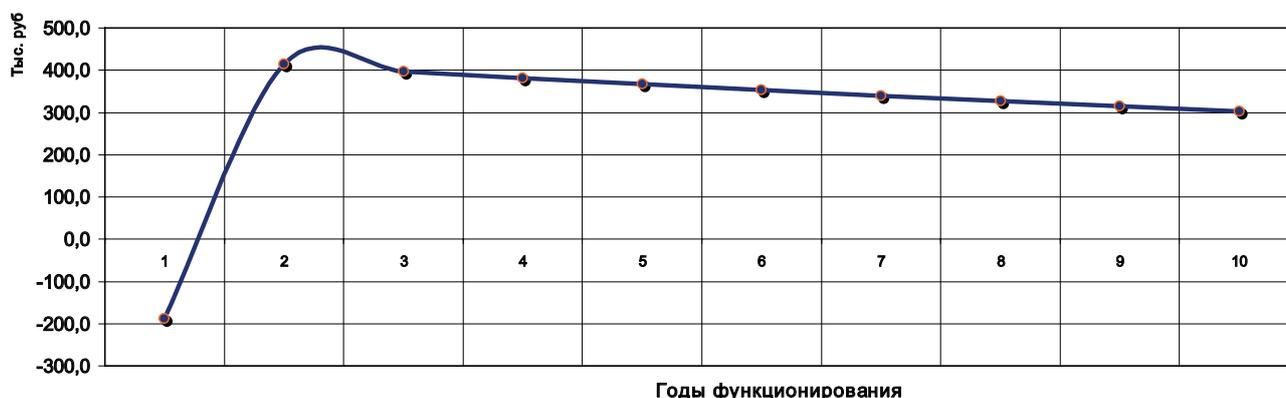


Рис. 2. Эффективность планируемых мероприятий повышения безопасности гидроузла Куогалы

Эффективность планируемых мероприятий повышения безопасности гидроузла Куогалы, тыс. руб.

	Показатели (приростные)	Годы функционирования										Итого за 30-летний период функционирования
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1. Денежный поток от инвестиционной деятельности	-187,4	657,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	469,9
2	Притоки, в том числе	62,6	657,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	719,9
3	Налоги	62,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	62,6
4	Из них налоги, выплачиваемые строительной организацией	62,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	62,6
5	из них НДС	45,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,0
6	единый социальный налог	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,8
7	налог на физические лица	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9
8	Оттоки, в том числе	250,0										250,0
9	Строит-ство	250,0										250,0
10	2. Денежный поток от операционной деятельности	0,0	-19,0	-19,0	-19,0	-19,0	-19,0	-19,0	-19,0	-19,0	-19,0	-551,0
11	Оттоки	0,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	551,0
12	Эксплуатационные затраты	0,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	551,0
13	3. Сальдо денежного потока	-187,4	638,3	-19,0	-19,0	-19,0	-19,0	-19,0	-19,0	-19,0	-19,0	
14	То же нарастающим итогом	-187,4	450,9	431,9	412,9	393,9	374,9	355,9	336,9	317,9	298,9	
15	Дисконтированное сальдо денежного потока	-187,4	602,1	-16,9	-16,0	-15,0	-14,2	-13,4	-12,6	-11,9	-11,2	174,5
16	Дисконтированное сальдо приростного потока	-187,4	414,8	397,9	381,9	366,9	352,7	339,3	326,6	314,7	303,5	

Выводы

Проведенные исследования позволили сформировать новые практически целесообразные и экономически эффективные мероприятия при эксплуатации гидротехнических сооружений в центральной Якутии, базирующиеся на предзимнем (конец сентября – начало октября) понижении уровня воды в водохранилище, что обуславливается в последнее время изменениями природно-климатических факторов, вызывающими снижение степени безопасности гидротехнических сооружений.

Библиографический список

1. Лоскин М.И. Состояние гидротехнических сооружений объектов сельскохозяй-

ственного водоснабжения Лено-Амгинского междуречья, построенных на ледовом комплексе в условиях потепления климата. / Инновационные подходы к проблемам и перспективам развития АПК в Республике Саха (Якутия). – Воронеж: Издат-принт, 2017. – С. 281-290.

2. Чжан Р.В. Геокриологические принципы работы грунтовых плотин в криолитозоне в условиях меняющегося климата. // Фундаментальные исследования. – № 9. – М.: Издательский Дом «Академия Естествознания». 2014. – С. 288-296.

3. Карпенко Н.П., Юрченко И.Ф. Классификатор критериев безопасности мелиоративных систем. // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 2. – С. 29-32.

4. Карпенко Н.П., Манукьян Д.А.

Управление геоэкологическими рисками – основа экологической безопасности функционирования мелиоративных систем. // Вестник РАСХН. – 2010. – № 6. – С. 63-65.

Материал поступил в редакцию 24.12.2018 г.

Сведения об авторах

Лоскин Михаил Иванович, первый заместитель руководителя ГБУ «Управление по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению» Министерства сельского хозяйства Республики Саха (Якутия); 677000, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Курашова 28, e-mail: melio_lmi@mail.ru

M.I. LOSKIN

GBU «Management of Land Reclamation and Agricultural Water Supply» of the Ministry of Agriculture of the Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia)

ECONOMIC EFFICIENCY OF PRE-WINTER LOWERING OF WATER LEVEL ON LOW-PRESSURE HYDRO SYSTEM OF KUOGALY, THE SAKHA REPUBLIC (YAKUTIA)

The article presents the results of efficiency estimation of water level pre-winter reduction in a multi-purpose reservoir taking into account uninterrupted water supply of settlements. The necessity in the new approaches in hydraulic constructions' operation in Central Yakutia is determined by climate and natural change that causes reduction of hydraulic constructions safety level. In the event of further warming, presence of thawed zones inside the ground dams will increase the possibility of emergencies as a flood of settlements due to break of a construction. Safe operation of constructions require need to reconsider the reservoirs' characteristics, especially in winter period, with a view of request of water consumption and the planned events' economic efficiency. We made a comparison of estimated costs of a hydrodynamic emergency at reservoir filling of different amounts and the planned costs on the events on it prevention, which showed the absolute practicability of the last.

Operation of hydraulic structures, economic efficiency, agricultural water supply, pre-winter reduction, safety of hydraulic structures, damage, volume of reservoirs, water consumption.

References

1. Loskin M.I. Sostoyanie gidrotehnicheskikh sooruzhenij objektov sel'skokozyajstvennogo vodosnabzheniya Leno-Amginskogo mezhdurechja, postroennyh na ledovom komplekse v usloviyah potepleniya klimata. / Innovatsionnye podhody k problemam i perspektivam razvitiya APK v Respublike Sakha (Yakutia). – Voronezh: Izdat-print, 2017. – S. 281-290.

2. Zhang R.V. Geokriologicheskie printipy raboty gruntovyh plotin v kriolitozone v usloviyah menyayushchegosya klimata // Fundamentalnyye issledovaniya. – № 9. – М.: Izdatel'skij dom «Akademiya Estestvoznaniya». 2014. – S. 288-296.

3. Karpenko N.P., Yurchenko I.F. Klassifikator kruteriev bezopasnosti meliora-

tivnyh sistem. // Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. 2015. – № 2. – S. 29-32.

4. Karpenko N.P., Manukjyan D.A. Upravleniye geoekologicheskimi riskami – osnova ekologicheskoy bezopasnosti funkcionirovaniya meliorativnykh sistem. – Vestnik RASKHN. 2010. – № 6. – S. 63-65.

The material was received at the editorial office
24.12.2018 g.

Information about the author

Loskin Mikhail Ivanovich, first Deputy head of the state budgetary institution «Management of land reclamation and agricultural water supply» of the Ministry of agriculture of the Sakha Republic (Yakutia); 677000, Yakutsk, ul. Kurashova, 28; e-mail: melio_lmi@mail.ru