УДК 556.5(1/9); ВАК 25.00.27

ОБОСНОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ СТВОРОВ ПЛОТИН ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ ДЕМАРКАЦИИ МАНАБИ

КАМПОС СЕДЕНЬО АНТОНИО ФЕРМИН (Эквадор)[1],
Е.К. СИНИЧЕНКО[1], *канд. техн. наук, доцент*
И.И. ГРИЦУК[2,1], *канд. техн. наук*
[1]*Российский университет дружбы народов*
Ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 115419
[2]*Институт водных проблем РАН, ул. Губкина, 3, Москва, Россия, 119333*

В 1990 году, согласно с Интегральным планом развития водных ресурсов демаркации Манаби - ПИМА (PHIMA), для обводнения территории в области орошения и водоснабжения, были идентифицированы 7 проектов комплексного назначения. Для каждого из них, в первом приближении, предложен соответствующий створ для расположения плотины и определены предварительные размеры главных гидротехнических сооружений. С того времени прошло 26 лет и предложенные створы и топографическая и гидрометеорологическая информация для проектирования водохранилищ, с учетом времени, могли бы повлиять на точность конечных результатов.

На основе актуальных гидрометеорологических и топографических данных, предложена схема развития водных ресурсов для гидрографической демаркации Манаби, Эквадор. В статье даются преимущества нового расположения створов плотин Аямпе, Санкан, Каё, Хама и Коаке, что приведет к значительному уменьшению социальных и экологических последствий, а также размеров гидротехнических сооружений со снижением материальных и трудовых затрат при строительстве.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: полезный объем, мёртвый объем, возвышение гребня плотины, испарение водохранилищ, экологический расход

Введение

Согласно PHIMA в 1990г. [10], для развития водных ресурсов гидрографической демаркации Манаби, было предложено проектирование 7 водохранилищ (Рис. 1): 2 – для южной зоны: Санкан и Аямпе; 3 – для центральной зоны: Ла Эсперанса, Поса Онда, Рио Гранде; 2 – для северной зоны: Коаке и Хама.

Координаты предложенных створов плотин приведены в Таблица 1.

Таблица 1. Координаты створов плотин предложенных в PHIMA в 1990г. (Источник: PHIMA 1990)

ПЛОТИНА	**КООРДИНАТЫ UTM WGS84 (17S)**	
	E	N
Аямпе	536500	9814514
Санкан	539655	9867013
Поса Онда	589000	9877253
Ла Эсперанса	603265	9902183
Рио Гранде	613930	9922800
Хама	587504	9969073
Коаке	610662	9997556
Дауле Перипа	637282	9895207

Нужно отметить, что для проведения делимитации водосборных бассейнов и выбора мест створов плотин были использованы карты с изолиниями отметок интервалом 50 м [1- 3]. Расчёт площадей и периметров бассейнов сделан с помощью планиметра. Во многих случаях реальные площади водосборов оказались больше по сравнению с площадями, измеренными по картам.

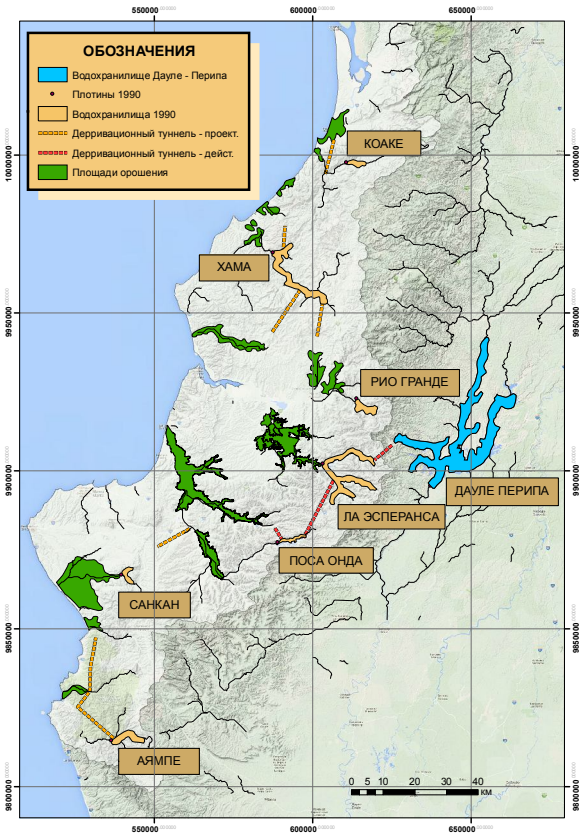


Рис. 1. Схема проектов PHIMA в 1990г. (Источник: PHIMA 1990)

На основе расчётов потребностей водных ресурсов для водоснабжения и орошения, в 1989 году была собрана гидрологическая, топографическая и гидрогеологическая информации, по которым приближённо определены места расположения створов (Таблица 1) для проектирования плотин [4-6], а также характерные отметки с соответствующими параметрами водохранилищ.

Из перечисленных проектов, в настоящее время действует проект Чоне–Портовдьехо в центральной зоне Демаркации Манаби, состоящий из следующих элементов:

1. водохранилище Дауле–Перипа (6000 млн. $м^3$);
2. дерривационный туннель (Q = 18 $м^3/с$);
3. водохранилище Ла Эсперанса (450 млн. $м^3$);
4. плотина из местных материалов Ла Эсперанса (H = 47 м);
5. оросительная система Каррисаль–Чоне (14250 га);
6. насосная станция Северино (Q = 16 $м^3/с$);
7. дерривационный туннель (Q = 16 $м^3/с$);
8. водохранилище Поса Онда (450 млн. $м^3$);
9. плотина из местных материалов Поса Онда (H = 40 м);
10. оросительная система Поса Онда (15000 га);
11. дерривационный туннель (Q = 4 $м^3/с$).

Проект Рио Гранде находится на этапе строительства.

На основе многолетних гидрологических данных (1963-2013гг), с учётом роста населения и использованием географических информационных систем (GIS), скорректированы створы намеченных плотин и их характеристики. Предложен новый створ в южной зоне демаркации.

Основы расчётов

В экваториальных районах климат обусловливается существованием двух сезонов: засушливым и муссонным, каждый из которых длится примерно 6 месяцев.

В южной Америке экваториальный район пересечён кордельером Анд, являющимся основным источником ледникового питания рек, особенно в засушливый период. Реки демаркации Манаби имеют только муссонное питание.

Исходная информация для расчёта водохранилищ, следующая [12]:

- расчетный объём воды для удовлетворения потребностей на орошение, водоснабжение и гидроэнергетику (при необходимости);
- многолетние метеорологические данные гидрометеорологических станций зоны проекта;
- ряды среднемесячных расходов гидрометрических станций рек;
- картография зоны проекта.

Последовательность для определения параметров водохранилища следующая [8, 9, 13-15]:

a) *выбор створа* в топографическом сужающемся русле, отдалённом от населённых пунктов и магистральных дорог;

b) *построение батиграфических и объемных характеристик водохранилища*;

c) *определение полезного объёма водохранилища* путем суммирования объемов потребностей воды, потерь на испарение, на фильтрацию и экологического (санитарного):

$$V_u = V_s + V_{ev} + V_f + V_{ec}, \quad (1)$$

где V_u – полезный объём, V_s – объём бытовых потребностей, V_{ev} – объём на испарение, V_f – объём на фильтрацию, V_{ec} – экологический объём;

d) *определение мёртвого объёма водохранилища* – при отсутствии данных заиления водохранилища используют рекомендации Э. Матерона [13], по которым мёртвый объём принимается равным 10% от объёма потребностей:

$$V_m = 0.1V_s \; ; \quad (2)$$

e) *полный объём водохранилища* – сумма полезного и мёртвого объёмов:

$$V_d = V_u + V_m \; ; \quad (3)$$

f) *определение отметок водохранилища, соответствующих полезному и мёртвому объёмам* H_u и H_m по кривой объемов водохранилища;

g) *определение отметки гребня плотины hs* (Рис. 2);

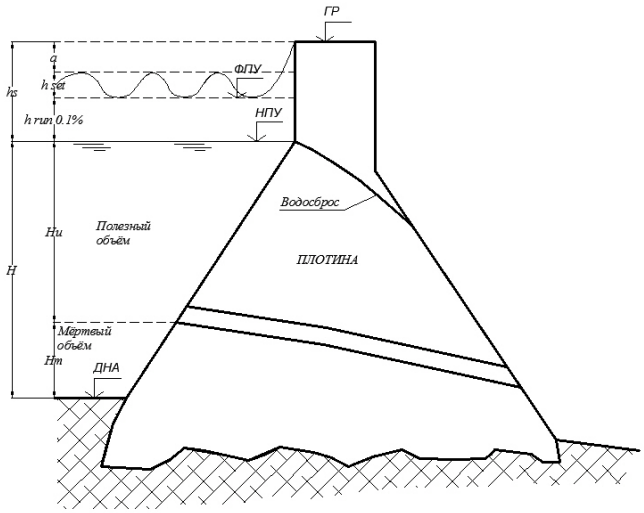


Рис. 2. Определение отметок плотины

$h_s = h_{run} + h_{set} + a$, где h_{run} – высота наката ветровых волн обеспеченностью 0.1%, м; h_{set} – ветровой нагон воды в верхнем бьефе, м; a - запас возвышения гребня плотины, м.

h) *определение высоты плотины H*:

$$H = H_m + H_u + h_s. \quad (4)$$

Отметка гребня плотины определяется:

$$\nabla\text{ГР} = \nabla\text{ДНА} + H\ , \quad (5)$$

где ∇ГР – отметка гребня, м; ∇ДНА – отметка дна, м; H – высота плотины, м.

Предложенная схема проектов оптимизации водных ресурсов

Применяя изложенную методику расчётов для оптимизации использования водных ресурсов гидрографической демаркации Манаби (Эквадор), рассчитаны 5 водохранилищ, общие данные которых приведены в Таблица 2. На Рис. 3 показана общая схема запроектированных плотин [7].

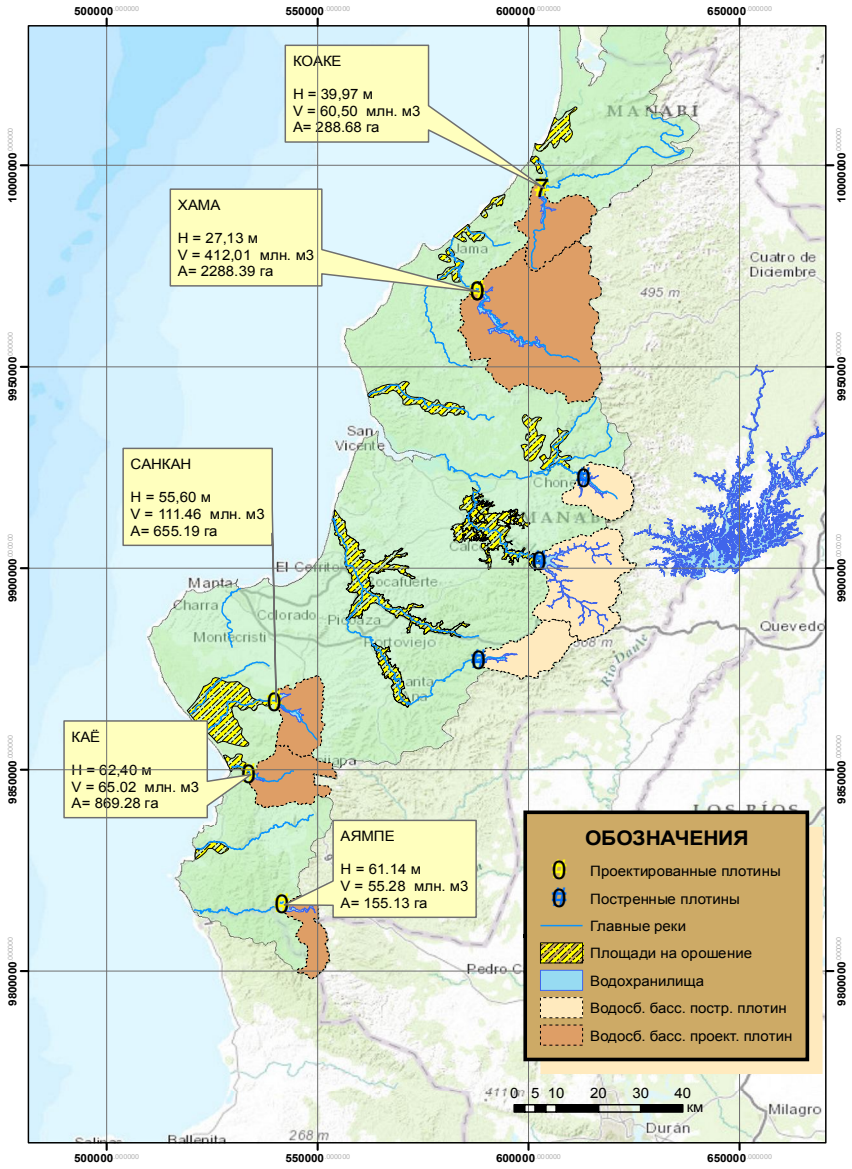


Рис. 3. Схемы запроектированных плотин в гидрографической демаркации Манаби, Эквадор, для оптимизации использования водных ресурсов

Таблица 2. Общие данные запроектированных водохранилищ

Плотина	Координаты створа (UTM WGS84 17S)			Отметки			Высота	Водохранилище	
	W	N	Код бассейна	дна (мнум)	НПУ (мнум)	гребня (мнум)	(м)	Объем (млн. м3)	Зеркало (га)
Аямпе	542139.47	9816547.76	15134	238.00	296.20	299.14	61.14	55.28	155.13
Санкан	540159.76	9866804.01	15137	180.00	230.41	235.60	55.60	111.46	655.19
Каё	534113.59	9848804.08	15138	90.00	147.50	152.40	62.40	65.02	869.28
Хама	588319.48	9968678.19	1518	120.00	141.48	147.13	27.13	412.01	2288.39
Коаке	603734.94	9994294.39	15192	60.00	94.37	99.97	39.97	60.50	288.68

Для плотин Аямпе, Санкан и Хама выбраны новые створы в более узких сечениях рек, что значительно снижает материальные затраты при их строительстве – длины плотин уменьшаются на 83.18, 35.16 и 38.43 %, соответственно. Сравнительные данные приведены в Таблица 3 и представлены на Рис. 4, Рис. 5 и Рис. 6.

Таблица 3. Общие данные створов плотин предложенных 1990 и 2015 гг.

Плотина	Данные ПИМА 1990			Предложение 2015			Уменьшения длины гребня
	Координаты створа (WGS84 UTM 17S -M)		Длина гребня (м)	Координаты створа (WGS84 UTM 17S -M)		Длина гребня (м)	(%)
	E	N		E	N		
Аямпе	536500	9814514	2,010.00	542139.47	9816547.76	338.00	83.18
Санкан	539655	9867013	1,001.00	540159.76	9866804.01	649.00	35.16
Хама	587504	9969073	255.00	588319.48	9968678.19	157.00	38.43

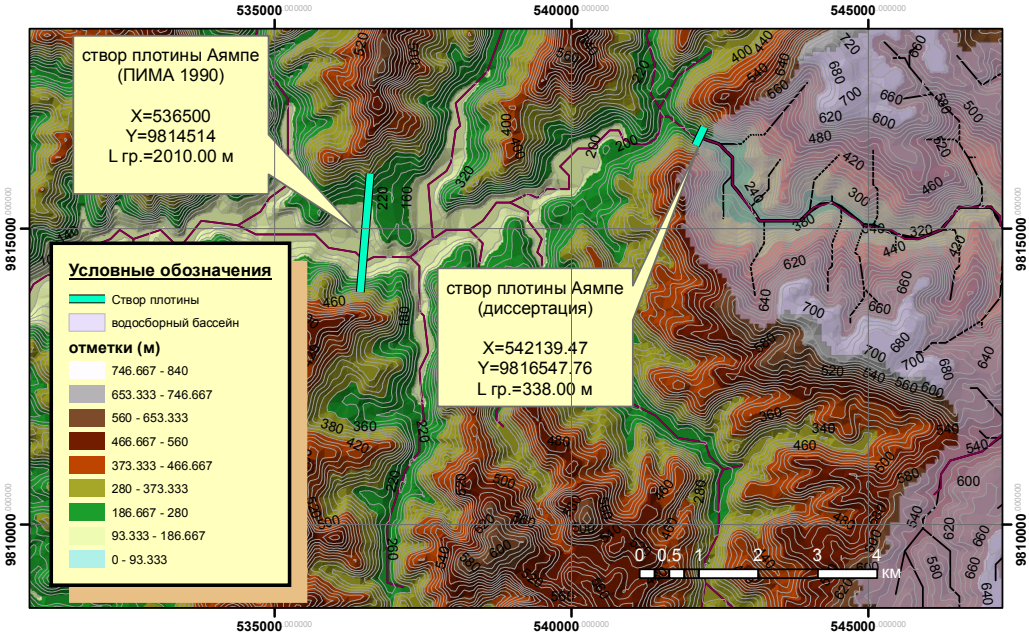


Рис. 4. Сопоставление предложенных створов плотины Аямпе

Створ плотины Коаке, длиной 300м, предложенный PHIMA в 1990 году, в настоящее время, экономически невыгоден и представляет техногенную угрозу из-за возможного подтопления и затопления населенного пункта Атауальпа (Atahualpa) [11] (Рис. 7).

Новый створ находится на расстоянии 6.63 км вниз по течению от предложенного PHIMA в 1990 году (Рис. 7), с длиной плотины 565.00 м.

Годовой объем водохранилища Санкан составляет 76.58 млн.м^3, что не обеспечивает потребности на орошение и водоснабжение в объеме 111.46 млн.

м^3. По рекомендациям PHIMA в 1990 году, для предотвращения дефицита, бы-была спроектирована насосная система от реки Портовьехо (районе «Эль Гуабито») до бассейна реки Санкан, с подачей 6.00 м^3/с через магистральный водовод длиной 17.45 км.

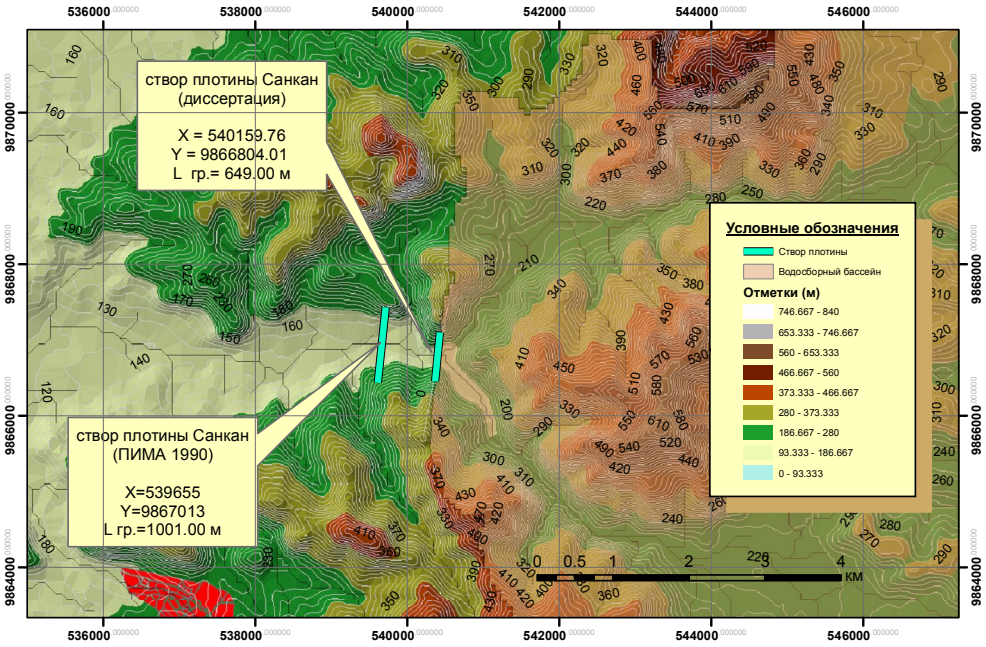


Рис. 5. Сопоставление предложенных створов плотины Санкан

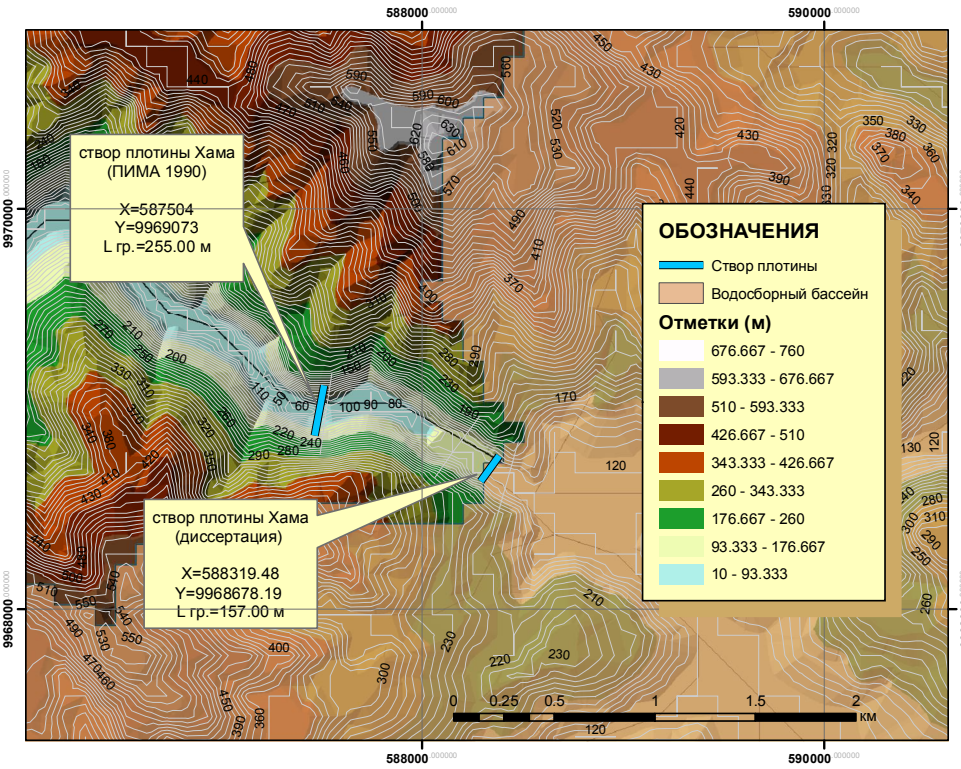


Рис. 6. Сопоставление предложенных створов плотины Хама

Исследования показали, что в современных условиях схема насосной системы, предложенная PHIMA в 1990 году, морально устарела и не

соответствует потребностям водопотребления. На основании этого рекомендуется проектирование новой плотины, расположенной на расстоянии 5.50 км, на юго-востоке города Пуэрто-Каё, с емкостью водохранилища 65.02 млн. м^3 и длиной 496.00 м.

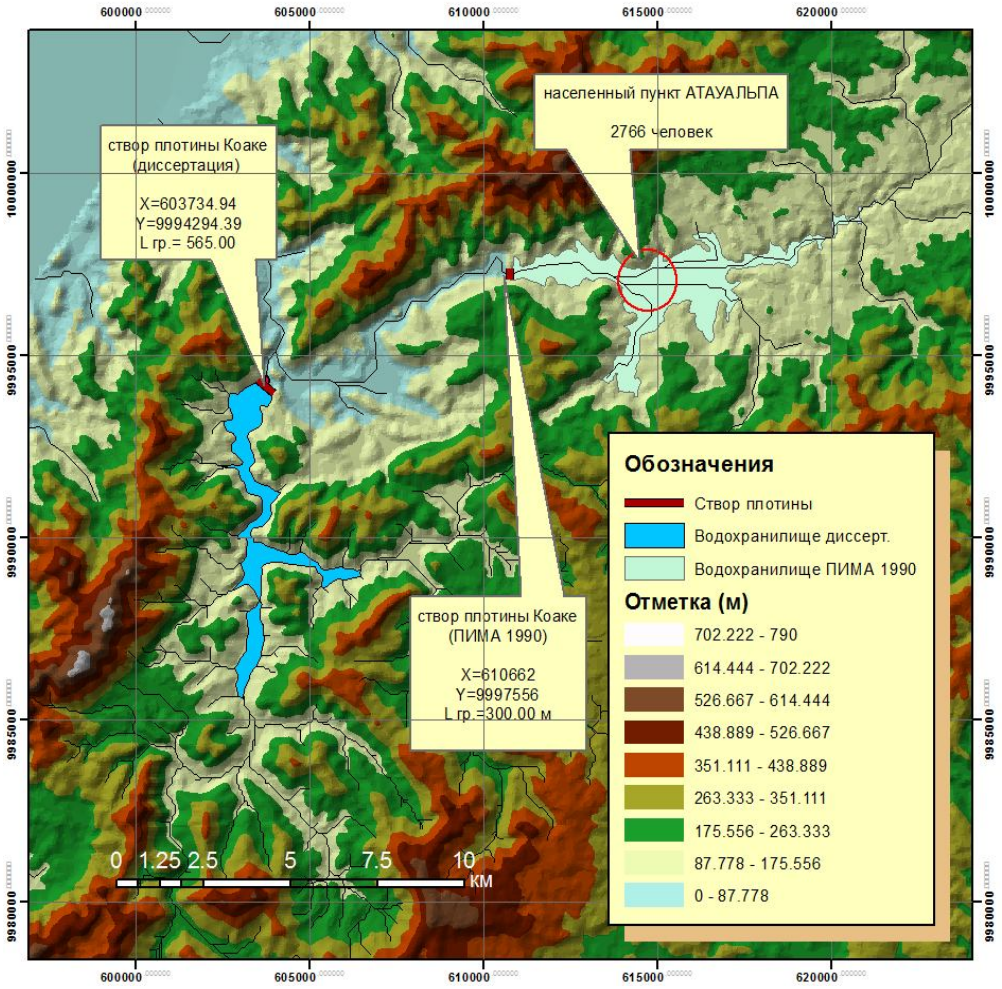


Рис. 7. Сопоставление предложенных створов плотины Коаке

Гидроузел Каё будет покрывать не только дефицит бассейна Санкан, но и обеспечит водой город Пуэрто-Каё, который имеет высокий потенциал туристического и экономического развития. Преимуществом является то, что водозабор из реки Портовьехо переносится в водохранилище плотины Аямпе, а длина магистральных труб уменьшается на 4.82 км (Рис. 8).

Выводы

Впервые, на основе многолетних гидрометеорологических и гидрологических данных, разработана схема перспективного развития гидротехнического строительства с целью оптимального использования водных ресурсов гидрографической демаркации Манаби и устранения внутригодового дефицита воды.

Предложены 5 новых створов для создания водохранилищ: 3 – в южной зоне, на реках Аямпе, Каё и Санкан; 2 – в северной зоне, на реках Хама и Коаке. Полный объем всех водохранилищ оценён в 704.27 млн. м^3.

Внедрение предложенных рекомендаций значительно уменьшит социальные и экологические последствия, а также размеры гидротехнических

сооружений, что приведет к снижению материальных и трудовых затрат при строительстве.

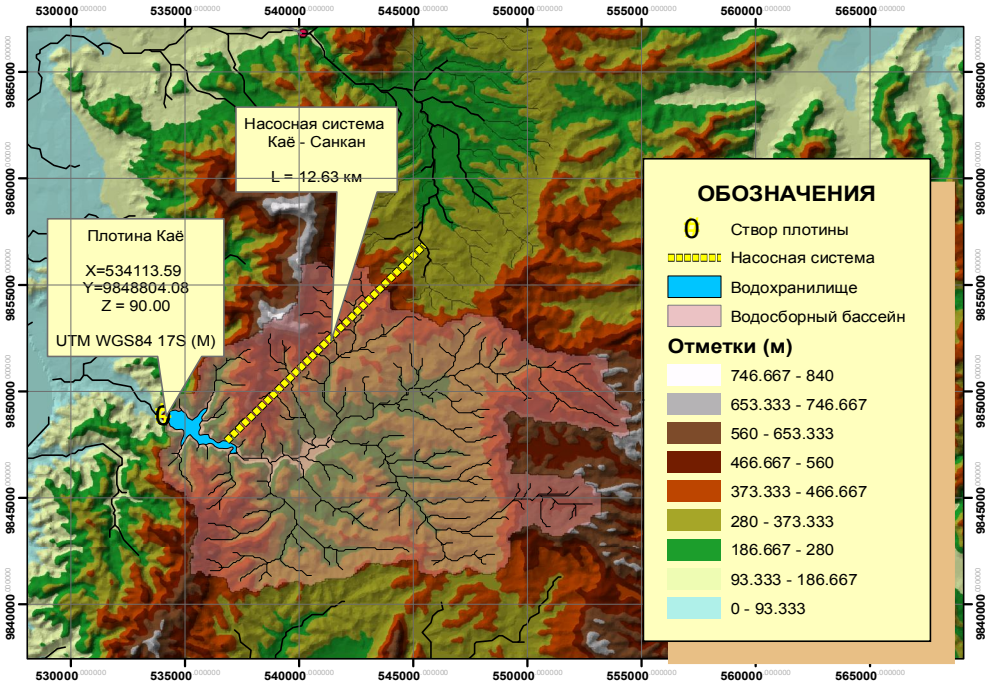


Рис. 8. Схема плотины Каё

Литература

[1] *Кампос Седеньо Антонио Фермин, Синиченко Е.К., Грицук И.И.* Влияние термического режима Тихого океана на осадки в гидрографической демаркации Манаби, Эквадор // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. - № 5, 2016 , с. 71-74.

[2] *Кампос Седеньо А. Ф., Синиченко Е. К., Грицук И. И.* Особенности водного режима рек провинции Манаби (Эквадор) // ВЕСТНИК № 4 – Российский университет дружбы народов. – 2014. – С. 41-46.

[3] *Кампос Седеньо А. Ф., Синиченко Е. К., Грицук И. И.* Структурный подход к оценке морфометрических характеристик бассейнов рек провинции Манаби (Эквадор) // ВЕСТНИК № 1. – Российский университет дружбы народов. – 2015. – С. 52-61.

[4] *Кампос Седеньо А. Ф., Синиченко Е. К., Грицук И. И.* Объёмы стока дождевых осадков районов гидрографической демаркации Манаби (Эквадор) // Труды VIII Межд. научно-практической конференции «Инженерные системы - 2015». – 2015. – С. 291-295.

[5] *Кампос Седеньо А.Ф., Синиченко Е.К., Грицук И.И.* Анализ данных метеорологических станций провинции Манаби // ВЕСТНИК № 3 – Российский университет дружбы народов. – 2015. – С. 41-49.

[6] *Кампос Седеньо А. Ф., Синиченко Е. К., Грицук И. И.* Математическая модель для определения среднегодовых осадков с использованием растров и других элементов ГИС // ВЕСТНИК № 3 – Российский университет дружбы народов. – 2015. – С. 32-40.

[7] *Кампос Седеньо А. Ф., Синиченко Е. К., Грицук И. И.* Схема проектов для развития водных ресурсов гидрографической демаркации Манаби, Эквадор // ВЕСТНИК № 1 – Российский университет дружбы народов. – 2016. – С. 9-16.

[8] *Орлов В. Г.* Основы Гидрологии Суши: Учебное Пособие // – Ленинград: Ленинградский гидрометеорологический институт (ЛГМИ), 1976. – 78с.

[9] *Синиченко Е. К., Грицук И. И., Шамреева А. А.* Основы гидрологии - Вычисление максимальных расходов половодья и паводка на водотоках // – Москва: Российский университет дружбы народов, 2015. – 32с.

[10] Plan Integral de Desarrollo de los Recursos Hídricos de la Provincia de Manabí (PHIMA) / Centro de Rehabilitación de Manabí. Manabi - Ecuador, 1989.

[11] *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.* Cómo crecerá la población del Ecuador? [Электронный ресурс] / Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. – 2015. – Режим доступа: http://www.inec.gob.ec/proyecciones_poblacionales/presentacion.pdf.

[12] Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología. Anuarios Meteorológicos [Электронный ресурс] / Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología. – 2015. – Режим доступа: http://186.42.174.231/index.php/clima/anuarios-meteorologicos.

[13] *Materón H.* Obras hidráulicas rurales // Hernán Materón. – Colombia: Universidad del Valle, 1991. – 234 с.

[14] *Ministerio de Agricultura y Ganadería, IICA, CLIRSEN.* Sistemas de Información Geográfica para Aplicaciones Agropecuarias en el Ordenamiento de Territorio y Manejo Integral de Cuencas [Электронный ресурс] / Ministerio de Agricultura y Ganadería, IICA, CLIRSEN. – 2015. – Режим доступа: http://www.uazuay.edu.ec/promsa/ecuador.htm.

[15] *Penman H. L.* Vegetation and Hydrology // Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. – 1963. – Т. 89, № 382. – С. 72.

References

[1] Campos Sedeño A. F., Sinichenko E. K., Gritsuk I. I. Influence of thermal regime of the Pacific Ocean on the rainfall in the hydrographic demarcation of Manabi, Ecuador, Structural Mechanics of engineering structures and buildings, № 5, 2016, p. 71-74.

[2] Campos Sedeño A. F., Sinichenko E. K., Gritsuk I. I. Features of the water mode of the rivers of the province Manabi (Ecuador), Vestnik RUDN, No. 4, 2014, p. 41-46.

[3] Campos Sedeño A. F., Sinichenko E. K., Gritsuk I. I. Structural approach to an assessment of morphometric characteristics of basins of the rivers of the province Manabi (Ecuador), Vestnik RUDN, No. 1, 2015, p. 52-61.

[4] Campos Sedeño A. F., Sinichenko E. K., Gritsuk I. I. Amounts of a drain of rain rainfall of areas of hydrographic demarcation of Manabi (Ecuador), Proc. of VIII International scientific and practical conference "Engineering Systems – 2015", 2015, p. 291-295.

[5] Campos Sedeño A. F., Sinichenko E. K., Gritsuk I. I. The analysis of data of meteorological stations of the province Manabi, Vestnik RUDN, No. 3, 2015,.p. 41-49.

[6] Campos Sedeño A. F., Sinichenko E. K., Gritsuk I. I. Matematicheskaya model for determination of annual average rainfall with use of rasters and other GIS elements, Vestnik RUDN, No. 3, 2015, p. 32-40.

[7] Campos Sedeño A. F., Sinichenko E. K., Gritsuk I. I. The scheme of projects for development of water resources of hydrographic demarcation of Manabi, Ecuador, Vestnik RUDN, No. 1, 2016, 9-16.

[8] V. Geagles. Bases of the Hydrology of Sushi: The education guidance, Leningrad: Leningrad hydrometeorological institute (LGMI), 1976, 78p.

[9] Sinichenko E. K., Gritsuk I. I., Shamreeva A. A. Hydrology bases - Calculation of the maximum expenses of a high water and a flood on waterways, Moscow: RUDN, 2015, 32p.

[10] Plan Integral de Desarrollo de los Recursos Hídricos de la Provincia de Manabí (PHIMA)/Centro de Rehabilitación de Manabí. Manabi - Ecuador, 1989.

[11] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Cómo crecerá la población del Ecuador? [Electronic resource] / Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. – 2015. – Access mode: http://www.inec.gob.ec/proyecciones_poblacionales/presentacion.pdf.

[12] Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología. Anuarios Meteorológicos [An electronic resource] / Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología. – 2015. – Access mode: http://186.42.174.231/index.php/clima/anuarios-meteorologicos.

[13] Materón, H. Obras hidráulicas rurales/Hernán Materón. – Colombia: Universidad del Valle, 1991. – 234 with.

[14] Ministerio de Agricultura y Ganadería, IICA, CLIRSEN. Sistemas de Información Geográfica para Aplicaciones Agropecuarias en el Ordenamiento de Territorio y Manejo Integral de Cuencas [An electronic resource] / Ministerio de Agricultura y Ganadería, IICA, CLIRSEN. – 2015. – Access mode: http://www.uazuay.edu.ec/promsa/ecuador.htm.

[15] Penman H. L. Vegetation and Hydrology, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 1963, Vol. 89, No. 382, p. 72.

JUSTIFICATION OF CHANGE OF THE ARRANGEMENT OF ALIGNMENTS OF DAMS AT COMPLEX USE OF WATER RESOURCES OF HYDROGRAPHIC DEMARCATION OF THE MANABA

CAMPOS CEDENO ANTONIO FERMIN[1], E.K. SINICHENKO[1], I.I. GRITSUK[2,1]
[1]RUDN University, [2]Water Problems Institute, Russian Academy of Science

In 1990, it agrees with the Integral development plan for water resources of Demarcation of Manabi - (PHIMA), for flood of the territory in the field of an irrigation and water supply, 7 projects of complex appointment were identified. For each of them, as a first approximation, the corresponding alignment for an arrangement of a dam is offered and the preliminary sizes of the main hydraulic engineering constructions are determined. Since then there passed 26 years and the offered alignments and topographical and hydrometeorological information for projection of reservoirs, taking into account time, could influence the accuracy of the end results. On the basis of actual hydrometeorological and topographical data, the scheme of development of water resources for hydrographic demarcation of Manabi, Ecuador is offered.

In the article, advantages of a new arrangement of alignments of dams are given to Ayampe, Sancan, Cayo, Jama and Coaque that will lead to the considerable decrease of social and ecological consequences, and also the sizes of hydraulic engineering constructions with decrease in the material and labor inputs at construction.

Key words: useful volume, dead volume, elevation of the dam crest, evaporation, environmental flow.

Расчеты на устойчивость

ДЕФОРМАЦИИ КРЕНА ВЫСОТНОГО ОБЪЕКТА НА ДЕФОРМИРУЕМОЙ ПЛИТЕ

В.К. ИНОЗЕМЦЕВ, *доктор технических наук, профессор*
О.В.ИНОЗЕМЦЕВА, *кандидат технических наук*
С.А.ЖЕСТКОВА, *аспирант*
Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
410054, Саратов, ул. Политехническая д.77; e-mail: zhestkovas@list.ru

Рассматривается задача устойчивости применительно к высотному объекту, взаимодействующему с деформируемым основанием. Исследование развития деформаций крена высотного объекта методом «прослеживания» состояний равновесия путем решения нелинейных уравнений общей устойчивости высотного объекта на деформируемой фундаментной плите.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: критическая нагрузка, устойчивость, высотный объект, деформируемое основание.

Рассмотрим высотный объект на деформируемой прямоугольной фундаментной плите (рис.1).

Изгибная жесткость фундаментной плиты оказывает влияние на устойчивость исходного строго вертикального положения равновесия высотного объекта и на развитие деформаций крена высотного объекта при приближении параметра нагрузки к критическому значению. Исследование развития деформаций крена высотного объекта возможно методом «прослеживания» состояний равновесия путем решения нелинейных уравнений общей устойчивости высотного объекта на деформируемой фундаментной