

форме в дерново-карбонатных почвах происходит только под воздействием повышенных норм минеральных удобрений и органо-минеральной системы с наиболее широким соотношением между минеральными и органическими удобрениями (NPK + навоз 4,4 т/га), что свидетельствует о целесообразности именно органо-минеральной системы применения удобрений.

Установлена полиномиальная функциональная зависимость содержания водостойких агрегатов от содержания пассивного гумуса в дерново-карбонатных осушаемых почвах, которая свидетельствует о необходимости поддержания в почве содержания гумуса не ниже уровня 3,0% -4,0%, за которым происходит резкое уменьшение водостойкости почвенных агрегатов.

Список литературы

1. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта. / Б.А. Доспехов – М.: Колос. – 1979, - 416 с.
2. Івашнюта Т.М. Якісний склад гумусу дерново-карбонатних ґрунтів // Научные труды Крымского Государственного агротехнологического университета / Т.М. Івашнюта – Симферополь: КГАУ. – 2003. – Вып. 81. – С. 35-40.
3. Практикум по почвоведению / Под ред.. И.С. Кауричева. – 4-е изд. – М.: Агропромиздат. – 1986. – 336 с.
4. Балан, А.Г., Остапов, В.И., Коваленко, П.И. и др. Справочник по освоению и использованию мелиорированных земель / А.Г. Балан, В.И. Остапов, П.И. Коваленко и др. / Под ред. А.Г. Балана. – К.: Урожай. - 1986. – 272 с.
5. Троцюк В. С. Трансформация свойств дерново-глеевых карбонатных почв Западного Полесья Украины под влиянием осушения и применения удобрений: Автореф. дис... канд. с.-х. наук: 06.01.03 / В.С. Троцюк / Ровно. – УИИВХ, 1992. – 22 с.

УДК: 504.062.2:556.18(075.8) + 556.18:681.5

МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА В БАССЕЙНАХ МАЛЫХ РЕК

Фам Нгок Киен

Белорусского Национального Технического Университета, г. Минск, Беларусь.
E-mail: kienpecc1@gmail.com

In this article along with overall optimization algorithm of water utilization system in small rivers, the conditions for application of the proposed criterion, the composition of the required input data are included and the impact of the major factors in the selection of optimal solutions is analyzed, i.e. to determine the optimal capacity of the reservoir and the area of irrigated land.

Введение

Оптимизация параметров водохозяйственного комплекса (ВХК) в бассейнах не только больших и средних, но и малых рек актуальна и во Вьетнаме, и во многих регионах других государств. Вопросы оптимизации параметров ВХК изучены многими зарубежными авторами. Основные положения используемых методов опубликованы в [1,4,5] и в других изданиях. Во Вьетнаме эти вопросы исследовались в работах [2,3,6,7]. Во всех вышеупомянутых исследованиях в конечном итоге использовались математические модели, основанные на критериях оптимизации применительно к тому или иному речному бассейну и составу участников водохозяйственного комплекса.

В бассейнах малых рек регионов с интенсивным развитием орошения и ограниченными водными ресурсами самыми важными параметрами ВХК являются: емкость водохранилища и площадь орошаемых земель. Для обоснования оптимальных значений этих параметров может быть использован разработанный автором следующий критерий оптимизации: минимум суммы свободного естественного и регулируемого объема речного стока на единицу орошаемой площади. В настоящей статье, кроме общего алгоритма оптимизации, приводятся условия применения предлагаемого критерия (включая ограничения по требованиям других водопользователей), состав необходимых исходных данных и анализируется влияние основных факторов на выбор оптимального решения, т.е. на определение оптимальной емкости водохранилища и площади орошаемых земель.

Основные положения методики

В условиях ограниченности или большой погрешности исходных данных о зависимости экономических показателей от водохозяйственных параметров предлагается критерий оптимизации [8] в виде следующей целевой функции:

$$f(F_{op.}) = \frac{W_{e.op.} + W_{ex.}^{НПУ}}{F_{op.}} \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\text{при } F_{мак} \geq F_{op.} \geq F_{e.op.}$$

где $W_{e.op.}$ - свободный остаточный естественный речной сток (m^3), предназначенный для орошения (с учетом удовлетворения обязательных потребностей других участников ВХК); $W_{ex.}^{НПУ}$ - полный объем водохранилища при нормальном подпорном уровне - НПУ (m^3), который определяется в результате расчета регулирования речного стока маловодного года; $F_{op.}$ - общая поливаемая в течение года площадь (га), $F_{e.op.}$ - гарантированная за счет естественного речного стока площадь орошения (га); $F_{мак}$ - максимальная орошаемая площадь, которая определяется или максимумом возможных используемых водных ресурсов, т.е. площади пригодных для орошения земель, полив которых может быть обеспечен за счет всего (естественного и регулируемого) речного стока при выполнении требований других участников ВХК, или максимальной площадью пригодных для орошения земель.

В большинстве речных бассейнов выращивается несколько (например – k) разных культур. Если на одной посевной площади собирается 2 или 3 урожая, то расчетная площадь культуры соответственно увеличивается. Тогда общая орошаемая в течение года площадь $F_{op.}$ (или $F_{e.op.}$ и $F_{мак}$) определяется по формуле

$$F_{op.} = \sum_{i=1}^k F_i, \text{ где } k - \text{ количество культур; } F_i - \text{ площадь каждой орошаемой культуры.}$$

При реализации целевой функции (1) необходимо соблюдать следующие ограничения:

Водохозяйственный баланс в створе плотины водохранилища по маловодному году:

$$W_{ex.(t+1)} = W_{ex.(t)} + W_{реч.(t)} - W_{op.(t)} - W_{пом.(t)} - W_{б.п.(t)} - W_{н.п.(t)} - W_{форс.(t)} \quad (2)$$

$$\text{при } W_{ex.мин.} \leq W_{ex.(t)} \leq W_{ex.мак.}$$

где t - порядковый номер расчетного интервала времени (по месяцам, $t=1,12$);

- $W_{\text{ex.мин.}}$ - минимальный объем водохранилищ, принимаемый равным мертвому объему, $W_{\text{ex.мин.}} = W_{\text{ex.}}^{\text{умо}}$
- $W_{\text{ex.мак.}}$ - максимальный объем аккумулирования речного стока в водохранилище, равным объему водохранилища при нормальном подпорном уровне $W_{\text{ex.мак.}} = W_{\text{ex.}}^{\text{нпу}}$
- $W_{\text{ex.}(t+1)}$; $W_{\text{ex.}(t)}$ - объемы водохранилища в конце и начале расчетного интервала.
- $W_{\text{реч.}(t)}$ - объем речного стока в t-ый месяц;
- $W_{\text{пом.}(t)}$ - объем воды, теряемой в водохранилище (дополнительные испарение с водной поверхности и потери на фильтрацию);

$$W_{\text{пом.}(t)} = F_{\text{ex-сред.}t} \cdot \Delta Z_t + \alpha \cdot W_{\text{ex-ср.}t}$$
- $W_{\text{б.п.}(t)}$ - безвозвратное водопотребление других (кроме орошения) участников ВХК, осуществляющих изъятие воды из водного источника (водоснабжение городского и сельского населения, промышленное водоснабжение, заполнение рыбоводных прудов);
- $W_{\text{н.п.}(t)}$ - попуск воды в русло нижнего бьефа по требованиям других водопользователей (без изъятия воды из источника), который принимается равным максимуму объема воды для охраны природы, рекреации, рыбного хозяйства, гидроэнергетики и обеспечения водопользования на нижерасположенной территории или территории другого государства за каждый расчетный интервал времени.
- $W_{\text{форс.}(t)}$ - допустимый форсированный объем сброса воды в период паводков.

$$W_{\text{форс.}(t)} = \text{максимум} \left[\begin{array}{l} (W_{\text{ex.}(t)} + W_{\text{реч.}(t)} - W_{\text{оп.}(t)} - W_{\text{пом.}(t)} - W_{\text{б.п.}(t)} - W_{\text{н.п.}(t)}) - W_{\text{ex.мак.}}; \\ 0 \end{array} \right] \quad (3)$$

- $W_{\text{оп.}(t)}$ - потребность в воде на нужды орошения, которая определяется на основе данных о планируемых площадях орошаемых земель, составе сельскохозяйственных культур и нормах орошения по каждой культуре.

$$W_{\text{оп.}(t)} = \sum_{i=1}^k q_i(t) \cdot F_i$$

где: k – количество типа культур года; i - порядковый номер расчетной культуры (i=1-k); $q_i(t)$ – нормативный объем воды на единицу орошаемой площади i-ой культуры и t-ого интервала времени (t=1-12, в вегетационный период $q_i \geq 0$, а в другие месяцы - $q_i = 0$); F_i – площадь каждой орошаемой культуры.

Емкость водохранилища должна быть достаточной для срезки пика катастрофических расходов (уменьшения ущерба от наводнений и затоплений).

$$W_{\text{ex}}^{\text{нп}} \geq W_{\text{реч}}^{T_1} - W_{\text{мер}}^{T_1} - W_{\text{вех}}^{T_1} - W_{\text{оп}}^{T_1} - W_{\text{др}}^{T_1} - [W_{\text{форс}}] \quad (3)$$

где: T_1 - время периода паводка, $W_{\text{реч}}^{T_1}$ - объем речного стока в расчетный период паводка; $W_{\text{ex}}^{\text{нп}}$ - полезный объем водохранилища; $W_{\text{мер}}^{T_1}$ – объем воды, теряемой в водохранилище (дополнительные испарение с водной поверхности и потери на фильтрацию); $W_{\text{вех}}^{T_1}$ - забор воды из верхнего бьефа водохранилища (во время паводка, особенно в бассейнах малых рек предгорных районов Вьетна-

ма, величины $W_{мер}^{T_1}$ и $W_{еex}^{T_1}$ незначительны по сравнению с другими составляющими, поэтому они могут не учитываться); $W_{ор}^{T_1}$ – максимально возможный объем воды, проходящей через водопропускные сооружения, предназначенные для целей орошения; $W_{ор}^{T_1}$ – максимально возможный попуск воды через специальные сооружения (при их наличии) по требованиям других (кроме орошения) участников ВХК, (водоснабжение городского и сельского населения, промышленное водоснабжение, заполнение рыбоводных прудов энергетика); $[W_{форс}]$ – допустимый форсированный объем сброса воды (не приводящий к затоплениям в нижнем бьефе).

Кроме того, за пределами оптимизации следует учитывать ряд ограничений, связанных с недопущением затоплений ценных угодий, площадей промышленных и социальных объектов, культурных и исторических памятников, а также с выполнением международных обязательств, общественных, этических, эстетических и других принципов и правил [12].

Для выполнения расчетов по критерию (1) необходимы сведения о потребностях в воде на нужды орошения в зависимости от осадков, выпадающих в вегетационный период [9, 14, 15], потребностях в воде других водопользователей (населения, промышленности, рыбного прудового хозяйства); ресурсах речного стока по месячным или декадным интервалам времени в расчетный маловодный год; морфометрических характеристиках водохранилищ и затопляемых пойм рек; взаимосвязи полного и полезного объема (с учетом заиления водохранилища), зависимостях потерь на фильтрацию и дополнительное испарение с поверхности водохранилищ от их объема.

Таким образом, алгоритм оптимизации (рисунок 1) сводится к выполнению следующих шагов:

Шаг 1. Сбор, анализ и переработка вышеперечисленных исходных данных.

Шаг 2. Определение конкретных значений ограничительных условий: расчет объема водохранилища для борьбы с наводнениями $W_{ex}^{ак}$, исходя из особенностей формирования паводков и возможностей создания водосбросных устройств; определение максимальной возможной орошаемой площади $F_{мак}$, определенной из максимума используемого речного стока и потенциала мелиоративных земель; определение минимальной орошаемой площади $F_{мин}$, гарантированной за счет естественного речного стока, а также площади орошения $F_{е.ор}$ при минимальных требованиях производства продовольствия. Соответственно значениям $F_{мин}$ и $F_{мак}$ определяются (формула 02) полезные объемы водохранилища: минимума $W_{ex-мин}^{пл}$ и максимума $W_{ex-мак}^{пл}$.

Шаг 3. Вычисление критерия оптимальности K_i по целевой функции (01) в следующем порядке: Во-первых, принятие изменения считааемых орошаемых площадей F_i от $F_{мин}$ до $F_{мак}$. Во-вторых, за каждую площадь F_i рассчитывается соответственно полезная емкость $W_{ex-i}^{пл}$ по задаче регулирования стока маловодного года водохранилища (формула 02). В процессе расчета регулирования стока необходимо принять потери испарения и на фильтрацию, соответствующие мертвому объему. В-третьих, при каждом значении площади орошения F_i рассчитывается показатель K_i по формуле (01) [13].

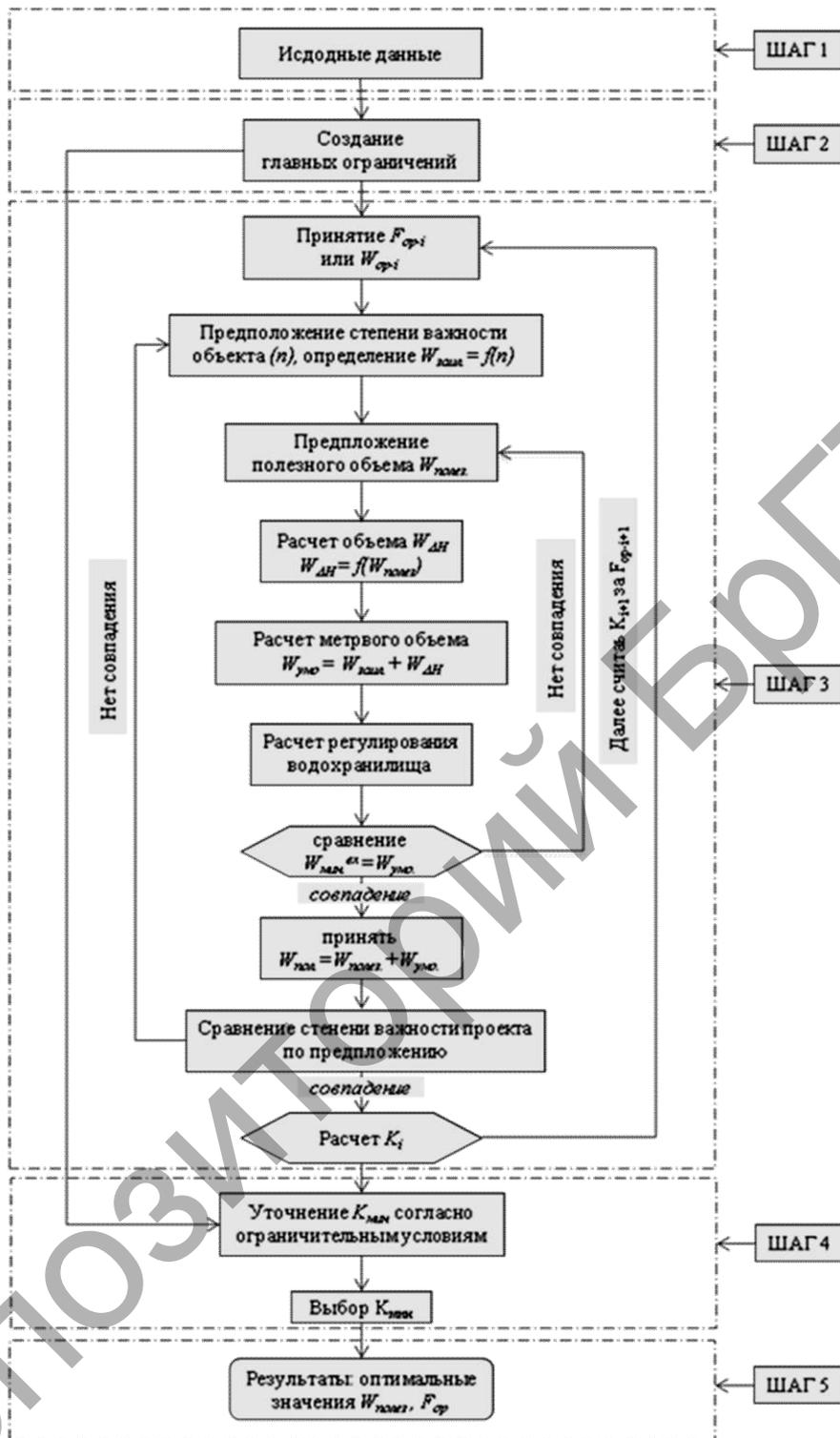


Рисунок 1 – Алгоритм оптимизации

Шаг 4. Уточнение K_i согласно главным ограничительным условиям: в этом шаге главные оптимальные параметры полезного объема $W_{\text{ор-оп}}^{\text{пл}}$ и площади орошения $F_{\text{ор-оп}}$ могут быть на следующие случаи: если $W_{\text{ex}}^{\text{ак}} \geq W_{\text{ex-мак}}^{\text{пл}}$, то $W_{\text{ex-оп}}^{\text{пл}} = W_{\text{ex}}^{\text{ак}}$ и $F_{\text{ор-оп}} = F_{\text{мак}}$. Если $W_{\text{ex-мин}}^{\text{пл}} < W_{\text{ex}}^{\text{ак}} < W_{\text{ex-мак}}^{\text{пл}}$, то $W_{\text{ex-оп}}^{\text{пл}}$ и $F_{\text{ор-оп}}$ определяются в промежутке между соответственно $W_{\text{ex}}^{\text{ак}}$ и $W_{\text{ex-мак}}^{\text{пл}}$. Если $W_{\text{ex}}^{\text{ак}} < W_{\text{ex-мин}}^{\text{пл}}$, то $W_{\text{ex-оп}}^{\text{пл}}$ и $F_{\text{ор-оп}}$ определяются по $K_{\text{мин}}$, как находящиеся между точками соответственно $W_{\text{ex-мин}}^{\text{пл}}$ и $W_{\text{ex-мак}}^{\text{пл}}$.

Шаг 5. Оценка результатов и принятие окончательного решения.

Апробация методики на конкретных объектах

В настоящее время во Вьетнаме имеется около 600 водохранилищ (водоемов емкостью большее 1 млн. м³), предназначенных для орошения. Ряд объектов строится, а другие находятся в стадии проектирования. Для апробации предложенного критерия оптимальности выбраны два объекта, которые являются наиболее типичными по естественным условиям и особенностям водопользования в водосборах малых рек: Банмонг и Шонграк в предгорных районах Вьетнама.

Банмонг расположен на 7 км выше города Шонла в северной области Вьетнама. Площадь водосбора бассейна – 161 км², среднегодовое количество осадков – 1272 мм, среднегодовой расход – 2.68 м³/с. Задачами ВХК этого объекта являются: борьба с наводнениями при речном стоке 5%-ой обеспеченности с обеспечением уровней воды в центре города не более 595.4 м; водоснабжение орошения культуры (1210 га); водоснабжение населения и промышленности (27500 м³/сутки); минимальный расход в нижнем бьефе для охраны природы в размере 0.40 м³/с; может быть ещё МГЭС до 1000 кВт [10].

Таблица 1 – Результаты расчета по целевой функции – проект Банмонг

Wпол. (106м³)	5,6	6,2	8,1	10,4	14,0	17,6	22,3	26,8	31,1	35,4	39,8
Wпл. (106м³)	0,3	0,6	1,7	3,3	6,1	8,9	12,5	16,0	19,5	23,1	26,7
Wумо (106м³)	5,3	5,6	6,4	7,1	7,9	8,7	9,8	10,8	11,6	12,3	13,0
For (га)	242	484	847	1210	1815	2420	3025	3630	4235	4840	5386
K (103м³/га)	49,7	26,5	18,39	15,3	12,6	11,3	10,9	10,6	10,3	10,1	10,0

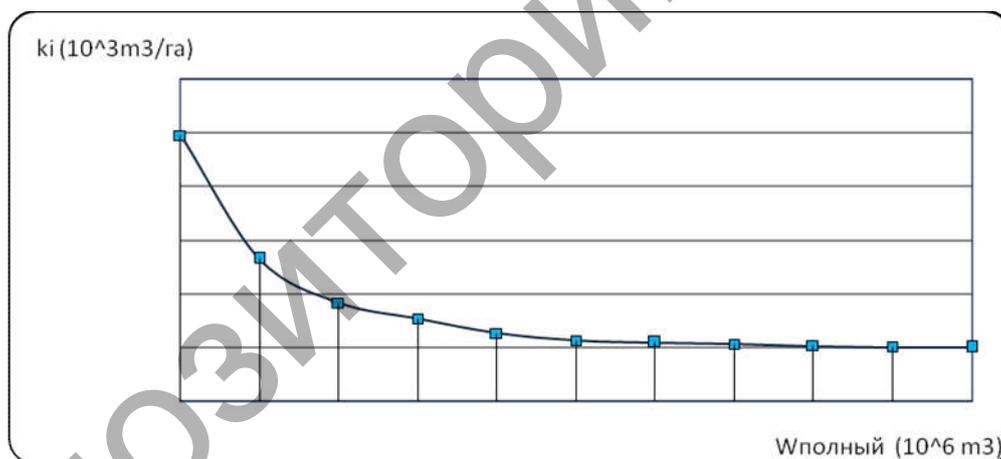


Рисунок 2 – Кривая оптимального критерия K объекта Банмонг

Применительно к вышеуказанным параметрам проведены расчет оптимальной площади орошения (соответственно и емкости водохранилища), результаты которых приведены в табл. 1 и на рис. 1.

В расчете регулирования стока паводков получен объем для предотвращения наводнений в размере 5.13 млн.м³.

Для этого объекта при использовании целевой функции(1) ограничительными условиями являются следующие: исходя из максимально возможных используемых водных ресурсов максимальная площадь орошаемой земли = 5386 га; максимальная площадь пригодных для орошения земель - 1815 га; минимальный полезный объем водохранилища для предотвращения наводнений - 5.13 млн. м³. При вышеупомянутых ограничениях получены основные оптимальные параметры: $K_{мин} = 12.61 (103\text{м}^3/\text{га})$; $W_{пол} = 14.0 (106\text{м}^3)$; $W_{пл} = 6.1 (106\text{м}^3)$; $For = 1815 (га)$.

Второй объект – это существующее водохранилище Шонграк, построенное в 1986 году с целью в основном для орошения земель в провинции Хатинь (центральный район) Вьетнама. В настоящее время спрос использования воды увеличивается, задачи и роль водохранилища изменяются. Поэтому разрабатывается проект улучшения и обновления водохранилища Шонграк. Площадь водосбора бассейна – 115 км², среднегодовое количество осадков – 3066 мм, среднегодовой расход – 7.92 м³/с. Задачами объекта являются: орошение со сбором двух урожаев (8150х2 га); водоснабжение населения и промышленности (12000 м³/сутки), а также рыбного прудового хозяйства (0.78 млн. м³/год), уменьшение ущерба от наводнений[11].

Таблица 2 – Результаты расчета по целевой функции – проект Шонграк

Wпол. (106м³)	12,23	19,14	25,63	31,94	44,35	64,25	84,61	114,91	129,87	150,68
Wпл. (106м³)	1,76	4,74	10,57	16,33	22,05	33,50	52,20	71,57	100,07	114,18
Wумо 106м³)	7,49	8,56	9,30	9,89	10,85	12,05	13,04	14,85	15,69	16,78
Fоп (га)	1630	3260	4890	6520	8150	10595	13040	16300	17930	20212
K (103м³/га)	14,67	6,177	5,446	5,052	5,565	6,158	6,565	7,111	7,299	7,504

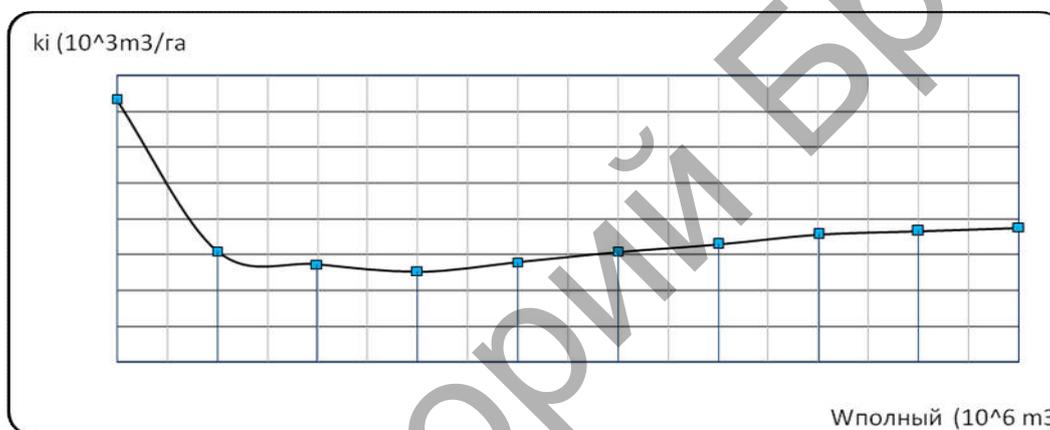


Рисунок 3 – Кривая оптимального критерия K объекта Шонграк

В проекте Шонграк не остра задача предотвращения паводков, но предпочтительнее располагать большим объемом для предотвращения затоплений. Поэтому в расчетах по целевой функции приняты следующие ограничительные условия: максимум возможных используемых водных ресурсов, максимальная площадь орошаемой земли - 20212 га; максимум пригодных для орошения земель, максимальная площадь - 25000 га; необходимая минимальная площадь орошения – 13040 га; объем для предотвращения паводков - чем больше, тем лучше. При сравнении между вышеупомянутыми ограничениями получены оптимальные значения параметров: $K_{\text{мин}}=6,565$ ($103\text{м}^3/\text{га}$); $W_{\text{пол}}=84,61$ (106м^3); $W_{\text{пл}}=52,20$ (106м^3); $F_{\text{оп}}=13040$ (га).

Заключение

Проведенные расчеты подтвердили корректность предложенного критерия оптимальности в виде минимума суммы свободного естественного и регулируемого объема речного стока на единицу орошаемой площади.

В большинстве случаев оптимальное значение емкости водохранилища находится между его нулевым значением и максимально допустимым (рисунок 1). Однако в ряде случаев оптимальное значение может совпадать с максимальным (рисунок 2).

Наибольшее влияние на величину критерия оптимизации оказывают мертвый объем водохранилища (зависящий от заиления), потери на фильтрацию и дополнительное испарение, а также режим речного стока;

При прочих равных условиях оптимальный полезный объем водохранилищ в бассейнах рек Беларуси меньше, чем во Вьетнаме из-за особенностей режима речного стока и морфометрических характеристик пойм.

Критерий может быть использован и при установлении оптимальной очередности строительства оросительных систем в водосборах малых рек того или иного региона, а также для сравнения разных створов плотин водохранилищ.

В случае наличия достаточно полной и надежной информации о значимости и условиях ограничений по сельскохозяйственным культурам этот критерий можно модифицировать с учетом структуры культур.

В бассейнах малых рек, в которых преобладают однонаправленные водопользователи и имеется и надежная информация о их взаимосвязи, может быть использован эквивалент отдельных пользователей, считая его основным участником ВХК.

Список литературы

1. Воропаев, Г.В., Исмайылов, Г.Х., Федоров, В.М. Моделирование водохозяйственных систем аридной зоны СССР. М. Наука, 1984, - 313с.
2. Нгуен Тхыонг Банг / Оптимизация ирригационного гидроэнергетического система в многоцелевом водоиспользовании. Диссертация кандидата, г. Ханой, М. национальная библиотека (Н.Б) 2002. 140с.
3. Нгуен Чонг Шинь, Выбор режимов и параметров водохранилищ комплексного использования для выработки энергии и борьба с наводнением, Диссертация кандидата, г. Ханой, М.: Н.Б. 1971. 152с.
4. Проектирование схем комплексного использования водных ресурсов. Перевод с англ. М.: Энергия. 1966. – 334 с.
5. Пряжинская, В.Г., Ярошевский, Д.М., Левит-Гуревич, Л.К. Компьютерное моделирование в управлении водными ресурсами. – М.: Физматлит. 2002. – 496 с.
6. Фам Фу. Задача о проектировании схем использования речных источников и оптимальной структуре каскады водохранилищ в основном использовании для гидроэнергетики, Диссертация кандидата, г. Ханой, М.: Н.Б. 1979, 173с.
7. Фан Ки Нам. Оптимальное расположение каскадов гидроэлектростанций, Диссертация кандидата, Прага, М.: Н.Б. 1973, 126с.
8. Фам Нгок Киен. Критерии оптимизации параметров водохозяйственного комплекса в бассейнах малых рек предгорных районов Вьетнама/ в журнале «Наука и техника» 2016 – N02, 124-128 с.
9. Фам Нгок Киен. Обоснование объемов и режимов подачи воды на орошение в зависимости от стока рек предгорных районов Вьетнама./ в журнале «Наука и техника» 2015 – N02, 61-66 с.
10. «Общий паспорт» проекта водохранилища Банмонг – Вьетнамская консультативная компания о ирригационном строительстве (НЕС), 2006. – 127с.
11. Паспорт создания режима работы водохранилища Шонграк – Ханойский ирригационный университет, 2014. – 43 с.
12. Колобаев, А.Н. Рациональное использование и охрана водных ресурсов.: Минск: БНТУ, 2005 – 172 с.
13. Плешков, Я.Ф. Регулирование речного стока: Ленинград, 1961 – 395с.
14. Методика определения режима орошения культур – Продовольственная Сельскохозяйственная Организация Объединенных Наций - Irrigation and Drainage Paper No. 56, Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations FAO, Rome, Italy. 1998. – 280с.
15. Стандарт TCVN 8641:2011 – Техника орошения и осушения для сельскохозяйственных и продовольственных культур, утвержденная Министерством сельского хозяйства и развития сельской местности Вьетнама. Ханой, 2011. – 41с.
16. Фам Нгок Киен. Особенности водохозяйственного комплекса в бассейнах рек предгорных районов Вьетнама – доклад на Международную научную конференцию, Фам Нгок Киен, Г. Брест, 2014.

ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ

УДК 556.51

ASSESSMENT OF DEPENDENCE OF CHANGE IN LITHUANIAN RIVER RUNOFF ON SIZE OF DRAINED AREAS

Miseckaitė O., Taparauskiene L.

Aleksandras Stulginskis University, Institute of Water Resources Engineering, Kaunas distr., Lithuania. E-mail: Otilija.Miseckaite@asu.lt

Following the data series of 62 years, it was determined that water balance of Nevezis basin is characterized by negative water balance during May-September due to higher evapotranspiration than average precipitation amount of the same period. It was stated that the average annual flow coefficient of the whole 10th hydrologic region of Lithuania was 0.3 till reclamation. It decreased to 0.28 during the period of intensive reclamation, however, the average annual flow was 0.35 from 1980, i.e., it increased in comparison with the period till reclamation. The average flow coefficient of warm period was 0.10 till reclamation, and remained the same during the period of 1956-1980, while the data of 1981-1995 show that the average flow coefficient increased – 0.11.

Most of the regulated rivers are situated in the middle part of Lithuania. There are 422 rivers in the basin of Nevezis and 383 (or 91 %) of them are regulated (the total of 252 rivers and 131 small streams) (Jablonskis et al., 2007). The length of Nevezis is 209 km, while the area of the basin is 6 146 km², and the discharge at mouth is 30 m³s⁻¹ (Fig. 1). While analyzing the change of Lithuanian river flow and its relationship with drainage intensity, first, it was sought to assess the income and expenses of water of river basins. The basin of Nevezis River is one of the most sensitive basin in Lithuania due to the lack of water during summer and potential anthropogenic pollution – was selected for water balance assessment. The basin of Nevezis belongs to the climatic sub-region of Central Lithuania, which is characterized by warm spring and summer, as well as the lowest amount of precipitation in the republic. The average annual air temperature is – 5.6-6.5 oC. 650–700 mm precipitation falls in the basin of Nevezis River each year, and 70 % of it – during the warm season (Kilkus and Stonevičius 2011).

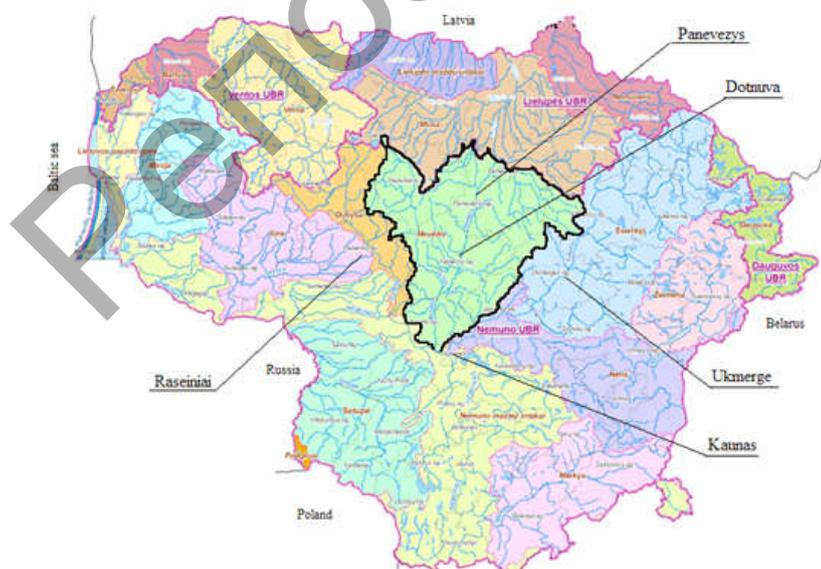


Fig. 1–Nevezis basin (Aplinkos apsaugos..., 2008)