

Здесь $\Delta^* = \min(\Delta_1^*, \Delta_2^*)$, где Δ_1^* определяется из условия $\hat{x}_1^k(t) = x_1^+$, а Δ_2^* - из условия $\hat{x}_2^k(t) = x_2^-$.

Заметим, что на каждом интервале (k, t) можно выбрать $\Delta \leq \Delta^*$ такое, что соответствующий попуск реализует суммарную мощность, удовлетворяющую ограничениям (2.151).

Очевидно, что отдачу $\bar{N}_r^2(t)$ можно выдержать, по крайней мере, начиная с интервала (k°, t°) , так как допустимая траектория $\hat{X}$ включает указанный интервал. Следовательно, существует хотя бы одна точка переключения (k', t') на допустимой траектории $\hat{X}$, на которой выполняется ограничение $N^k(t) \geq \bar{N}_r^2(t)$.

Иначе говоря, между (k°, t°) и (k^*, t^*) можно найти ближайший к (k^*, t^*) интервал (k', t') , начиная с которого можно выполнить отдачу $\bar{N}_r^2(t)$ вплоть до интервала (k^*, t^*) .

На допустимой траектории $\hat{X}$, начиная с интервала $(k^*, t^* - 1)$, будет выполнено условие

$$\hat{x}_1^k(t) > x_1^k(t; \bar{N}_r^1) \quad (2.157)$$

Это условие будет выполняться, по крайней мере, на интервалах, принадлежащих выделенному участку, так как на траектории $X(\bar{N}_r^1)$ в этих интервалах суммарная мощность была меньше $\bar{N}_r^2(t)$. Поэтому из соотношений (2.153), (2.156) и монотонности суммарной мощности по $\hat{u}_1^k(t)$ следует (2.151).

Процесс построения траектории $\hat{X}$ заканчивается на интервале (k', t') , на котором условие (2.151) нарушается. Если в процессе построения траектории $\hat{X}$ найдется такой интервал (k, t) , где будет выполнено условие $\hat{x}_1^k(t) > x_1^{\circ k}(t; \beta^{\max})$, то в качестве (k', t') берется интервал (k°, t°) .

Таким образом, интервал (k', t') и есть точка переключения, начиная с которой необходимо перейти на выполнение ограничения (2.113), отказавшись от условия (2.150). **Теорема доказана.**

Фактически в доказанной теореме приводится методика построения траектории $X(\bar{N}_r^1)$ и процедура отыскания точки переключения с полной гарантированной энергетической отдачей - $\bar{N}_r^1(t)$ на сниженную энергетическую отдачу - $\bar{N}_r^2(t)$.

Оценка обобщенной схемы. На этом этапе рассмотрим функционирование гидроэлектростанции каскада в целом, то есть после решения ирригационно-энергетической задачи II (**задача С**) оценим среднемесячные мощности, вырабатываемые по всем станциям Вахско-Амударьинского каскада, которые были исключены из рассмотрения при формировании упрощенной модели.

Общая схема Вахско-Амударьинского каскада представлена на рис.26. Предполагается, что в нижнем бьефе всех водохранилищ каскада всегда выдерживается минимальный необходимый попуск $u_i^{\min}(t), t = 1, 2, \dots, T, i = \overline{1, 7}$. После решения задачи С определяется попуск из второго водохранилища $\hat{u}_2^k(t), t = 1, 2, \dots, T, k = 1, 2, \dots, n$. Определение среднемесячной мощности, вырабатываемой на малых ГЭС каскада, производится по следующей схеме.

Сначала определяется попуск в нижнем бьефе каждого гидроузла $\hat{u}_i^k(t), t = 1, 2, \dots, T, k = 1, 2, \dots, n, i = \overline{1, 7}$, а затем для вычисления среднемесячной мощности $\hat{N}_i^k(t), t = \overline{1, T}, k = \overline{1, n}, i = \overline{3, 7}$, используется формула

$$\hat{N}_i^k(t) = \min \{ N_i^{\text{óñò}}, v \cdot \hat{u}_i^k(t) \cdot H_i \}, \quad i = \overline{3, 7}, \quad (2.158)$$

где N_i^{ycm} – установленная мощность на i – ой станции каскада; v – коэффициент энерговыработки; H_i – напор ГЭС на i – ой станции, постоянная величина, то есть $H_i = \text{const}, i = \overline{3, 7}$.

Такое упрощение вполне допустимо, так как рассматриваемые гидроэлектростанции – Байпазинская, Головная, Перепадная, Центральная – являются гидроэлектростанциями, самое большее, максимум недельного регулирования, а Туямуюнское – низконапорная, то есть на этой станции величина H мало изменяется, к тому же её энергетический потенциал несравнимо меньше, чем Рогунской и Нурекской гидроэлектростанций. Ниже четвертого гидроузла (Головной ГЭС) принимается следующее распределение воды: по основному руслу всегда выдерживается не менее $u_i^{\min}(t), i = 4$, оставшаяся часть воды направляется к пятому водохранилищу (Перепадная ГЭС). Ниже шестого водохранилища (Центральная ГЭС) вода опять возвращается в основное русло.

Попуск в нижнем бьефе гидроузлов $\hat{u}_i^k(t)$ для $i = \overline{3,6}$, согласно схеме, представленной на рис.20, определяется по найденным правилам управления для упрощенной модели следующим образом:

$$\begin{aligned}\hat{u}_3^k(t) &= \hat{u}_2^k(t) - \tilde{w}_{2,3}^k(t), \\ \hat{u}_4^k(t) &= \hat{u}_3^k(t) + \tilde{v}_{3,4}^k(t) - \tilde{w}_{3,4}^k(t), \\ \hat{u}_5^k(t) &= \hat{u}_4^k(t) - u_4^{\min}(t) - \tilde{w}_{5,6}^k(t), \quad \forall t = \overline{1,T}, \quad k = \overline{1,n},\end{aligned}\quad (2.159)$$

где $\hat{u}_2^k(t)$ - попуск из второго водохранилища в k -м году за t -й интервал времени, найденный после решения задачи С; $\tilde{w}_{i,j}^k(t)$ - расход, отводимый для удовлетворения нужд ирригации между i -м и j -м створами за интервал t года k . Среднемесячная мощность $\hat{N}_i^k(t)$, $t = \overline{1,T}$, $k = \overline{1,n}$, для $i = \overline{3,6}$ определяется по формулам (2.158) и (2.159).

Для определения среднемесячной мощности $\hat{N}_7^k(t)$, $t = \overline{1,T}$, $k = \overline{1,n}$ используется следующая схема. Определим результирующий приток к седьмому водохранилищу

$$\tilde{v}_7^k(t) = u_4^{\min}(t) + \max\{(\hat{u}_6^k(t) + v_3^k(t) - w_2^k(t)), 0\}, \quad t = \overline{1,2,\dots,T}, \quad k = \overline{1,2,\dots,n}, \quad (2.160)$$

где $v_3^k(t)$ - приток воды к седьмому водохранилищу за интервал t года k ; $w_2^k(t)$ - расход, отводимый для удовлетворения нужд ирригации в верхнем бьефе седьмого водохранилища за интервал t года k ; $u_4^{\min}(t)$ - минимальный необходимый попуск из четвертого водохранилища за интервал t по основному руслу.

Тогда динамика состояния седьмого водохранилища описывается балансовым соотношением:

$$x_7^k(t+1) = x_7^k(t) + \tilde{v}_7^k(t) - \hat{u}_7^k(t), \quad (2.161)$$

$$\begin{cases} x_7^1(1) = x_7^+, \\ x_7^{k+1}(1) = x_7^k(T+1), \quad k = \overline{1,2,\dots,n-1}, \\ \hat{u}_7^k(t) \geq u_7^{\min}(t) + w_3^k(t), \\ \tilde{v}_7^k(t) \geq 0, \quad u_7^{\min}(t) \geq 0, \quad w_3^k(t) \geq 0, \end{cases} \quad (2.162)$$

$$x_7^- \leq x_7^k(t) \leq x_7^+. \quad (2.163)$$

Затем в каждом моменте (k,t) определим величину

$$\Delta_0^k(t) = \max\{(\hat{u}_7^k(t) + \tilde{v}_7^k(t) - u_7^{\min}(t) - w_3^k(t) - x_7^+), 0\}, \quad t = \overline{1,T}, \quad k = \overline{1,n}$$

Таким образом, попуск из седьмого водохранилища определяется:

$$\hat{u}_7^k(t) = \Delta_0^k(t) + u_7^{\min}(t) + w_3^k(t), \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad (2.164)$$

где $w_3^k(t)$ - расход, отводимый для удовлетворения нужд ирригации в нижнем бьефе седьмого водохранилища за интервал t года k . Нижнее ограничение в (2.163) выполняется, так как $\hat{u}_2^k(t)$ найдено с учетом этого условия.

Следовательно, согласно формулам (2.164) и (2.158), определяется среднемесячная мощность, вырабатываемая на гидроэлектростанции седьмого гидроузла.

Суммарная среднемесячная мощность по каскаду определяется по формуле

$$\hat{N}^k(t) = \sum_{i=1}^7 \hat{N}_i^k(t), \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad k = 1, 2, \dots, n,$$

где для $i = 1, 2$, $\hat{N}_i^k(t)$ - определен в процессе решений задачи С.

Замечание. В упрощенной модели (см. рис. 14), величина $w_1^k(t)$ определялась по формуле

$$w_1^k(t) = \tilde{w}_{2,3}^k(t) + \min\{\tilde{v}_{3,4}^k(t) - \tilde{w}_{3,4}^k(t) - \tilde{w}_{4,5}^k(t) - \tilde{w}_{5,6}^k(t), 0\}, \quad t = \overline{1, T}, \quad k = \overline{1, n}. \quad (2.165)$$

Результаты численных экспериментов. Как уже отмечалось, ирригационный и энергетический критерий имеют разный приоритет. При решении задачи А определяется значение ирригационного критерия. Полученные при этом диспетчерские правила определяют функционирование объединенного водохранилища и, следовательно, задают попуски из водохранилища (за исключением зоны избытков). Затем в задаче В определяется величина сниженной энергетической отдачи – максимальный уровень суммарной мощности, который может быть выдержан без нарушений. На этом этапе становятся известными попуски из обоих водохранилищ, реализующие найденный уровень мощности. Попуск из второго водохранилища при этом определяется по диспетчерским правилам, найденным в задаче А. Таким образом, обеспеченность ирригационной отдачи сохраняется на прежнем уровне. В задаче С попуски из водохранилища в некоторых интервалах увеличиваются для повышения суммарной мощности до уровня полной энергетической отдачи. При этом уровень мощности, найденный в задаче В, выдерживается на всем гидрологическом ряду.

Таким образом, рассмотренные выше задачи строго упорядочены, то есть в последующей задаче используются лишь те

возможности, которые не использовались полностью в предыдущей задаче. Поэтому обеспеченность энергетической отдачи, найденной в задаче С, следует рассматривать как оценку возможностей каскада по выработке электроэнергии при условии максимального удовлетворения требований стран нижнего течения по ирригации.

1. Численные эксперименты по описанной схеме были проведены для модели водохозяйственной системы, включающей три крупных водохранилища трансграничного бассейна р. Амударьи (см. рис. 20). Некоторые особенности этого каскада описаны в [Резниковский, Рубинштейн, 1984]. Для упрощения были исключены небольшие водохранилища, не вносящие вклад в перераспределения стока на месячных интервалах. В связи с этим некоторые ирригационные требования объединены в одно (требование w_1 на рис. 20). Определение w_1 производится по формуле (2.147) (см. п.3, §3). Все программы написаны на языке FORTRAN для PC в операционной системе WINDOWS.

Решение задач А, В и С проводилось для исторического ряда приточности длиной $n = 50$ лет. Исходные данные, в том числе величины ирригационных требований и график суммарной мощности, соответствуют данным, используемым в “БВО Амударья”. В частности, доля снижения ирригационных требований составляет 0,9 в летние и 0,7 в остальные месяцы, доля снижения энергетических требований составляет 0,8 во все месяцы года.

Значения графика суммарной мощности $\eta(t)$ в апреле и мае задавались в размере 1,64 млн. кВт, а в остальные месяцы – в размере 2,05 млн.кВт. При определении среднемесячной мощности коэффициент энерговыработки ν принимает значение 0,85.

Численные эксперименты были проведены по двум вариантам, различающимся величиной минимального расхода в русле. В варианте I была взята величина 100 м³/сек. по всему руслу, в варианте II минимальный расход в русле ниже третьего водохранилища был уменьшен до 50 м³/сек. Как в первом, так и во втором варианте при решении ирригационной задачи (задача А) были построены диспетчерские графики $d_1(t)$ и $d_2(t)$, $t = 1, 2, \dots, T$ (см. рис. 30 и 31).

Построенный диспетчерский график в первом варианте реализовывал обеспеченность полной ирригационной отдачи – 0,87, а диспетчерский график, построенный для второго варианта, – 0,92

при выполнении сниженных ирригационных требований для всего рассматриваемого гидрологического ряда.

Найден максимальный уровень сниженной энергетической отдачи $N_{г(t)}^{-2}$; величина критериального показателя $\beta^{\max} = 0,836$ - для первого варианта и $\beta^{\max} = 0,672$ - для второго варианта.

Обеспеченность полной энергетической отдачи в I варианте – 0,93, во II варианте – 0,98; значение среднегодовой суммарной мощности, вырабатываемой на двух гидроэлектростанциях каскада, для I варианта равно 2,57 млн. кВт., а для II варианта – 2,74 млн.кВт.

Приведем результаты сравнения полученных результатов для варианта II с результатами модели, эксплуатируемой в “БВО Амударья” (первая цифра – по модели БВО Амударья, вторая – по II варианту рассматриваемой модели):

Обеспеченность ирригационной отдачи по каскаду – 0,92 и 0,92; величины гарантированной мощности (в числителе – апрель-май, в знаменателе – остальные месяцы) – 1,250/1,650 млн.кВт. и 1,102/1,378 млн.кВт;

Обеспеченность гарантированной мощности – 0,96 и 0,98; среднегодовая выработка – 24,26 млрд.кВт.ч. и 24,03 млрд.кВт.ч., соответственно.

Данные в модели БВО Амударья были взяты только для ГЭС, включенных в рассматриваемую модель.

Различия в значениях показателей вызваны разными методологическими подходами, а именно тем, что в данной модели диспетчерские графики строятся в расчете только на ирригационные требования стран нижнего течения. Поэтому энергетические показатели следует рассматривать как предварительную оценку возможностей ГЭС каскада при максимальном удовлетворении требований ирригации. Возможна и модификация алгоритма построения диспетчерских правил для непосредственного учета энергетических требований.

Кроме того, для II варианта была проведена оценка среднемесячной мощности, вырабатываемой по всем станциям Вахско-Амударьинского каскада (см. рис. 29).

В качестве примера, в таблице 5 приведены среднемесячные мощности, выработанные в характерном 1990 году на всех станциях

Вахско-Амударьинского каскада. Среднегодовая суммарная мощность по всем станциям каскада, вычисляемая по формуле

$$N^k(t) = \sum_{i=1}^7 N_i^k(t), \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad k = 1, 2, \dots, n,$$

$$N_{срд}^{каск} = \frac{1}{n \cdot T} \sum_{k=1}^n \sum_{t=1}^T N^k(t),$$

где $N_i^k(t)$ – среднемесячная мощность, вырабатываемая на i -ой гидроэлектростанции каскада, равна $N_{срд}^{каск} = 3,27$ млн.кВт.

2. Перед тем, как перейти к анализу полученных обеспеченностей ирригационных и энергетических требований в первом и втором варианте, отметим следующий факт: *чем меньше величина требований, тем больше обеспеченность его удовлетворения*. Справедливость этого факта можно, например, проследить в работах [Лаукс, Стединжер, Хейт, 1984; Резниковский, Рубинштейн, 1974].

Сработка водохранилищ верхнего течения происходит в зависимости от величины дефицита в верхнем или нижнем бьефе третьего водохранилища, расположенного в нижнем течении трансграничной реки, так как непосредственная величина ирригационного требования в нижнем бьефе второго водохранилища незначительна. Следовательно, в первом варианте общая величина ирригационного требования (с учетом минимально необходимого ппуска) в нижнем бьефе третьего водохранилища больше, чем во втором варианте, поэтому обеспеченность удовлетворения ирригационных требований в первом варианте меньше, чем обеспеченность, полученная во втором варианте. Этот факт также справедлив при определении обеспеченности энергетических требований.

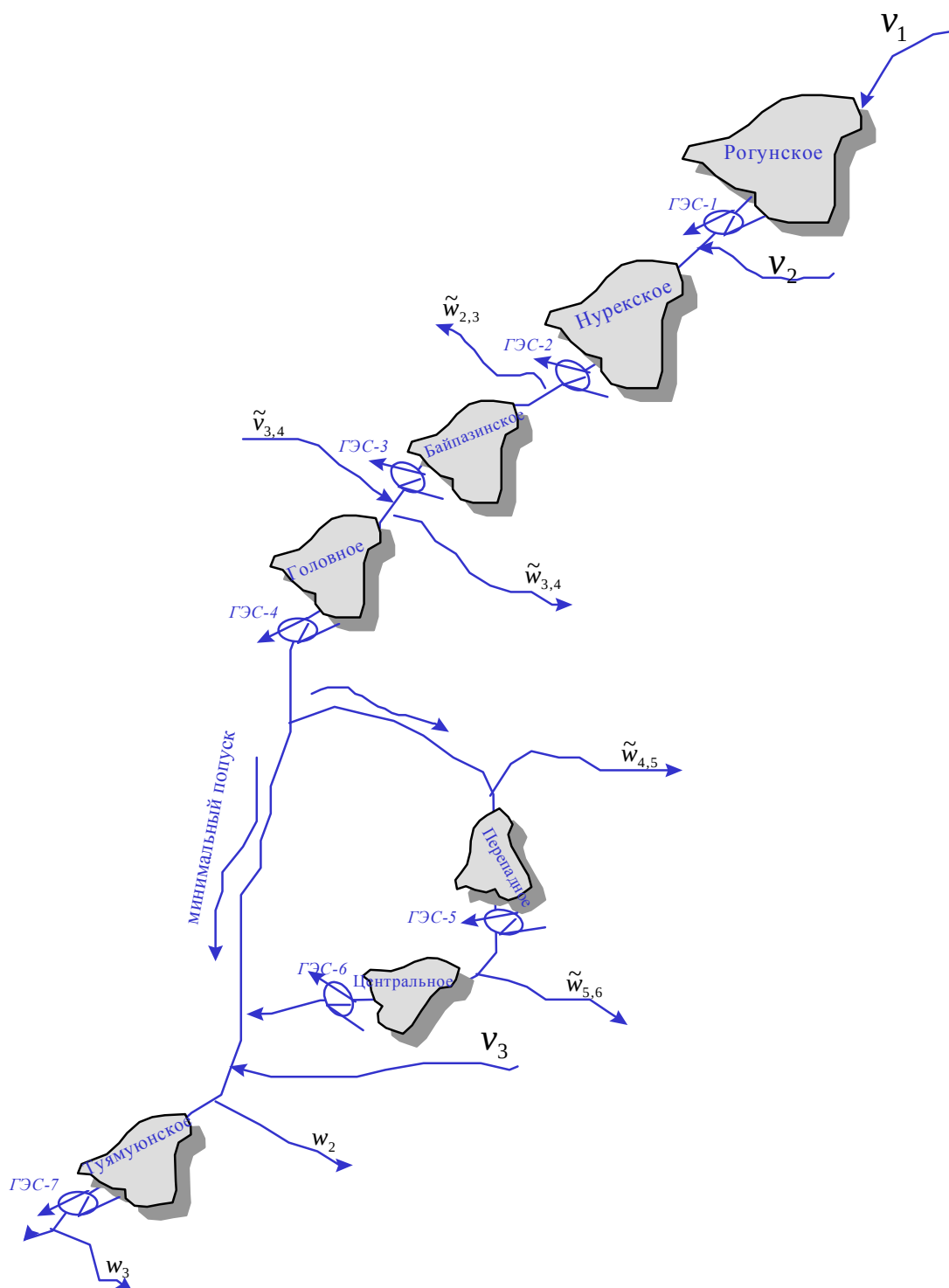


Рис.29. Общая схема Вахско-Амударьинского каскада.

Заметим, что хотя изменение величины минимально необходимого попуска во втором варианте в размере $50 \text{ м}^3/\text{сек}$ незначительно по сравнению со среднегодовым расходом в нижнем бьефе третьего водохранилища, который составляет $597 \text{ м}^3/\text{сек}$, тем не менее, уровень гарантированной суммарной мощности оказался существенно меньше, чем в первом варианте.

Действительно, в первом варианте максимальное значение критериального показателя $\beta^{\max} = 0,836$, что существенно больше, чем максимальное значение критериального показателя $\beta^{\max} = 0,672$, полученного во втором варианте.

Закономерность полученных результатов можно объяснить, исходя из того факта, что чем больше назначается расход в нижнем бьефе водохранилища, тем лучше удастся выдерживать уровень гарантированной суммарной мощности. В первом варианте из второго водохранилища назначается больший попуск (расход) для покрытия дефицита как в верхнем, так и в нижнем бьефе третьего водохранилища (*потребности стран нижнего течения*), поэтому в этом случае удастся поднять уровень гарантированной суммарной мощности. Во втором варианте, наоборот, назначаемый из второго водохранилища попуск меньше, чем в первом варианте, поэтому полученный в этом случае уровень гарантированной суммарной мощности окажется меньше, чем уровень гарантированной суммарной мощности в первом варианте.



Рис. 30. Диспетчерские линии $d_1(t)$ и $d_2(t)$, найденные на первом варианте.

Вообще говоря, максимальная величина критериального показателя $\beta^{\max}$ определяется тем, что в критическом периоде (месяц или несколько месяцев) не удастся увеличить попуск в нижнем бьефе водохранилища верхнего течения, так как это

увеличение приводит к нарушению обеспеченности ирригационных требований стан нижнего течения.

Обычно критический период приходится на зимние месяцы года, так как требований ирригации в эти месяцы существенно меньше, чем в остальные месяцы года. Заметим, что критическим периодом как в первом, так и во втором варианте является один и тот же месяц – февраль. Величина ирригационного требования в нижнем бьефе третьего водохранилища в феврале составляет 305 м³/сек. Так как во втором варианте в нижнем бьефе третьего водохранилища назначаемый минимально необходимый попуск $u_3^{\min}(t)$ составляет 50 м³/сек, то общее требование ирригации в критическом периоде составляет 355 м³/сек. При этом отношение минимально необходимого пропуска к общему требованию составит 0,14, а отношение разности величин критериальных показателей, полученных для первого и для второго вариантов, к величине критериального показателя, полученного для первого варианта, составляет 0,19.

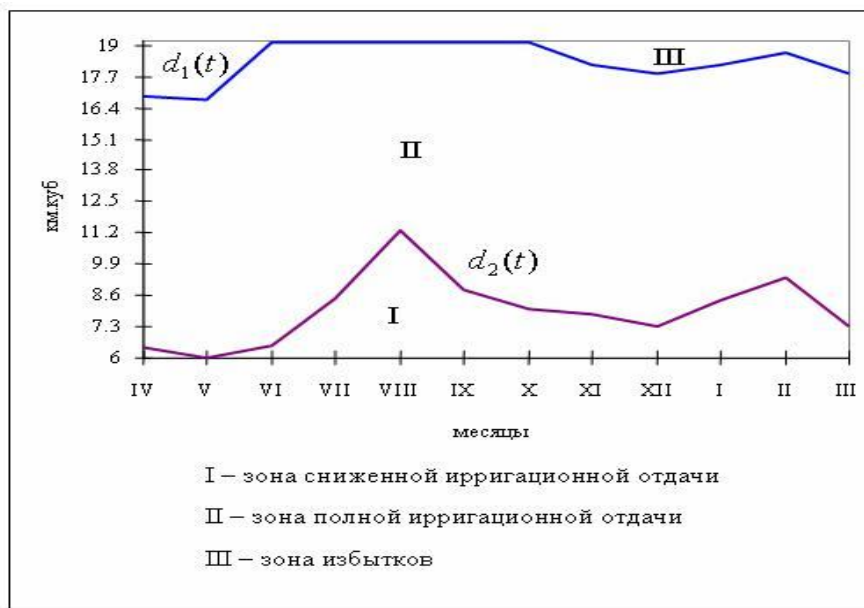


Рис. 31. Диспетчерские линии $d_1(t)$ и $d_2(t)$, найденные на втором варианте.

Относительное изменение $\beta^{\max}$ имеет тот же порядок, что и изменение пропуска в критическом периоде. Дополнительное изменение $\beta^{\max}$ происходит из-за того, что пропуски были уменьшены не только в критическом периоде, но и в предшествующих интервалах.

Следовательно, малое изменение величины минимально необходимого попуска в нижнем бьефе третьего водохранилища достаточно, чтобы получить существенно меньший уровень гарантированной суммарной мощности. Это результат свидетельствует о том, что максимизация выработки электроэнергии на гидроузлах верхнего течения может существенно повлиять на обеспеченность ирригационных требований стран нижнего течения и для полного обеспечения этих требований необходимо существенно корректировать режим сработки водохранилищ, расположенных в верхнем течении. Последнее означает снижение обеспеченности энергетических требований стран верхнего течения.

Таким образом, вариация относительно величины минимального необходимого попуска по всему руслу каскада дает возможность установить эффективные соотношения между обеспеченностями требований ирригации стран нижнего течения и требованиями энергетики стран верхнего течения трансграничной реки.

Таблица 5

Выработка среднемесячной мощности на станциях каскада

ГЭС - каскада	МЕСЯЦЫ											
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III
Рогунская	1,12	2,31	3,6 ^{**)}	3,6 ^{**)}	3,6 ^{**)}	2,22	0,98	0,63	0,57	1,02	0,33	0,53
Нурекская	0,99	1,93	2,7 ^{**)}	2,7 ^{**)}	2,7 ^{**)}	1,83	0,84	0,75	0,81	0,36	1,06	1,17
Байпазинская	0,206	0,414	0,6 ^{**)}	0,6 ^{**)}	0,6 ^{**)}	0,386	0,178	0,161	0,176	0,078	0,233	0,265
Головная	0,077	0,175	0,21 ^{**)}	0,21 ^{**)}	0,21 ^{**)}	0,160	0,068	0,08	0,088	0,039	0,117	0,119
Перепадная	0,03 ^{**)}	0,03 ^{**)}	0,03 ^{**)}	0,03 ^{**)}	0,03 ^{**)}	0,03 ^{**)}	0,03 ^{**)}	0,03 ^{**)}	0,03 ^{**)}	0,03 ^{**)}	0,03 ^{**)}	0,03 ^{**)}
Центральная	0,018 ^{**)}	0,018 ^{**)}	0,018 ^{**)}	0,018 ^{**)}	0,018 ^{**)}	0,018 ^{**)}	0,018 ^{**)}	0,018 ^{**)}	0,018 ^{**)}	0,018 ^{**)}	0,018 ^{**)}	0,018 ^{**)}
Туямуюнская*)	0,085	0,14	0,15 ^{**)}	0,15 ^{**)}	0,15 ^{**)}	0,15 ^{**)}	0,023	0,063	0,027	0,018	0,055	0,111
По каскаду	2,53	5,05	7,31 ^{**)}	7,31 ^{**)}	7,31 ^{**)}	4,80	2,14	1,74	1,72	1,56	1,84	2,25

*) Данное водохранилище расположено в нижнем течении трансграничной реки Амударья.

**) указанная величина означает, что станция работает на установленной мощности, млн.кВт

Часть III
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ
АСПЕКТЫ

Г л а в а 3

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МОДУЛИ ОЦЕНКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

В данной главе монографии рассматриваются экономические аспекты использования водных ресурсов в речных бассейнах. Основная идея предлагаемых модулей (*специфический, отдельный часть модели*) заключается в экономической оценке используемой воды, как в плане их оптимального распределения, так и в определении экономической цены на воду. При этом рассматриваются также модули оценки КПД оросительной сети, стресса культуры и потенциальной урожайности.

3.1. Модуль зоны планирования

С математической точки зрения, модуль зоны планирования относится к одному из наиболее сложных классов задач стохастической оптимизации, поскольку неопределенность присутствует как в уравнениях, описывающих состояние системы (ЗП) - это осадки и сток, так и в целевой функции (чистый доход ЗП напрямую связан с колебаниями цен на выращиваемую продукцию на мировом рынке).

При поиске оптимальных управляющих решений в целевой функции используется математическое ожидание экономических показателей [WARMAP, 1995 European Commission. Water Resources ..., 1996]. Здесь следует еще раз уточнить, какой смысл вкладывается в понятие *оптимального решения* в условиях частичной или полной неопределенности при использовании детерминированной модели: - *под оптимальным решением понимается стратегия управления или правила, позволяющие достичь минимума (максимума) математического ожидания экономических показателей и позволяющие корректировку действий по мере поступления уточненной информации.*

Характеристика зоны планирования. Зона планирования формализуется в виде открытой системы с сосредоточенными параметрами, на входе которой задается гидрограф и качество поступления трансграничных водных ресурсов, а на выходе

расчетным путем получают гидрограф и минерализацию коллекторно-дренажного стока и потенциальный ущерб, возникающий как следствие ограниченности водно-энергетических ресурсов.

Внутренняя структура зоны планирования представляется упорядоченным набором объектов, отражающих процессы перераспределения водно-солевых ресурсов на сельскохозяйственных площадях и в замкнутых емкостях, и процессы снижения объема производства сельскохозяйственных культур как следствие изменения минерализации почв и недостатка водных ресурсов.

В свою очередь, каждый объект зоны планирования характеризуется набором переменных и функций, отражающих его пространственные и технологические свойства. Для описания функционирования зоны планирования принят следующий набор объектов:

Оросительная система - система, подающая воду в зону планирования, либо транзитом передающая воду в смежную зону планирования, либо перераспределяющая воду внутри зоны планирования. Зона планирования может иметь несколько оросительных систем, часть которых использует местные водные ресурсы, а часть - трансграничные.

Оросительные системы могут быть самотечными и энергозависимыми (каскад насосных станций, использование подземных вод). Оросительная система характеризуется четырьмя параметрами: *максимальной пропускной способностью, коэффициентом полезного действия, количеством потребления электроэнергии на единицу водных ресурсов и площадью подкомандных земель.*

Дренажная система - система, поддерживающая требуемый баланс солей на орошаемой территории, уровень грунтовых вод и отводящая избытки воды с орошаемых земель. Дренажные системы характеризуются тремя параметрами: *дренажным модулем, площадью дренирования и количеством потребления электроэнергии на единицу дренажного стока.*

Сельскохозяйственная культура - культура, выращиваемая в рассматриваемой зоне планирования. Характеризуется тремя параметрами: *суммарной площадью, на которой выращивается данная культура, удельным значением продуктивности на единицу*

площади и стоимостью единицы данной продукции. Кроме того, каждая сельскохозяйственная культура характеризуется четырьмя функциями: *эвапотранспирацией и удельным объемом водных ресурсов, необходимых для производства данной культуры в рассматриваемой зоне планирования, и функциями, отражающими снижение урожайности от недостатка водных ресурсов и степени засоленности почвы.*

Площадь орошения - поверхность зоны планирования, используемая под выращивание сельскохозяйственных культур. Это наиболее сложный объект зоны планирования, от способа описания которого, во многом зависит общая сложность математической модели. Площадь орошения характеризуется тремя простыми параметрами: *общей площадью орошения, средним коэффициентом прироста грунта, средним коэффициентом фильтрации грунта, и двумя параметрическими функциями: плотностью распределения площадей по степени минерализации и плотностью распределения площадей по глубине залегания грунтовых вод.*

Грунтовые воды - часть подземных водных ресурсов, участвующих в водно-солевом обмене с зоной аэрации площадей орошения. Характеризуется двумя параметрами: *уровнем горизонта грунтовых вод, и минерализацией и функцией притока - оттока из горизонтов глубоких подземных вод.*

Воздушная среда - рассматривается лишь в части источника (осадки) и стока водных ресурсов (испарение, эвапотранспирация).

Постановка задачи оптимального управления. Формулировку задачи оптимального управления подачи водных ресурсов для зоны планирования начнем с рассмотрения некоторой территории, имеющей площадь поверхности S^{zp} , на которой возделывается множество культур $\{R\}$, с параметрами: S_r^{zp} - суммарная площадь занятой Γ -ой культуры в рассматриваемой зоне планирования; P_r - продуктивности r -ой культуры с единицы площади; $Q_r^s(t)$ - функция удельного водопотребления Γ -ой культуры на рассматриваемой территории; $E_r(t)$ - эвапотранспирации Γ -ой культуры на рассматриваемой территории. При этом $r \in \{R\}$, $t \in \{T\}$, $\{T\}$ - период времени управления.

Рассматриваемая территория покрыта двумя множествами оросительных систем, забирающих воду из местных $\{L\}$ и трансграничных $\{TS\}$ источников, причем множество $\{TS\}$ состоит из подмножества $\{G\}$, которое отбирает воду на собственные нужды, и подмножество $\{\{TS\} - \{G\}\}$, пропускающего воду транзитом. При этом $\{G\} \cup \{\{TS\} - \{G\}\} = \{TS\}$. Обозначим гидрографы и минерализацию водных ресурсов для соответствующих множеств через $Q^l(t)$, $Q_{solt}^l(t)$ и $Q^g(t)$, $Q_{solt}^g(t)$, а коэффициенты полезного действия и под командные площади через kL_l , SL_l , kT_g , ST_g , $l \in \{L\}$, $g \in \{TS\}$, соответственно.

Между перечисленными параметрами выполняются соотношения:

$$\sum_{r \in \{R\}} S_r^{zp} = S^{zp} \quad (3.1)$$

$$\sum_{l \in \{L\}} SL_l + \sum_{g \in \{G\}} ST_g > S^{zp} \quad (3.2)$$

$$\sum_{l \in \{L\}} kL_l \cdot Q^l(t) + \sum_{g \in \{G\}} kT_g \cdot Q^g(t) \leq \sum_{r \in \{R\}} Q_r^s(t) \cdot S_r^{zp}; \quad \forall t \in \{T\}. \quad (3.3)$$

Кроме этого, неявно подразумевается выполнение условий качества воды:

$$\frac{\sum_{l \in \{L\}} Q^l(t) \cdot Q_{solt}^l(t)}{\sum_{l \in \{L\}} Q^l(t)} \leq Q_{solt}^{norma}; \quad \forall t \in \{T\}, \quad (3.4)$$

$$\frac{\sum_{g \in \{G\}} Q^g(t) \cdot Q_{solt}^g(t)}{\sum_{g \in \{G\}} Q^g(t)} \leq Q_{solt}^{norma}; \quad \forall t \in \{T\}, \quad (3.5)$$

где Q_{solt}^{norma} - норма минерализации.

Далее введем множество $\{\mathcal{R}\}$ - оттоков из зоны планирования, которое состоит из подмножества $\{\mathcal{T}\}$ - транзитного оттока и $\{\mathcal{S}\}$ - дренажного оттока. В множестве $\{\mathcal{T}\}$ направим дуги из множества $\{\{TS\} - \{G\}\}$ (поскольку мы не собираемся внутри зоны планирования заниматься распределением трансграничного стока, то можно считать что $|\{\mathcal{T}\}| \leq |\{\{TS\} - \{G\}\}|$), тогда для выполнения условий транзита получим:

$$\sum_{g \in \{\{TS\} - \{G\}\}} kT_g \cdot Q^g(t) \geq \sum_{n \in \{\mathcal{T}\}} Q_n^n(t); \quad \forall t \in \{T\}, \quad (3.6)$$

где $Q_3^n(t)$ - гидрограф транзитного оттока.

Дренажный сток обычно сбрасывается либо в реку, либо в другую зону планирования. Исключение составляют условия существования замкнутых емкостей внутри зоны планирования, в этом случае требуется решение самостоятельной задачи сброса, в остальных случаях ограничение ставится не на объем стока, а на объем, выносимый этим стоком солей, то есть:

$$Q_{\Sigma}^n(t) \cdot Q_{solt}^n(t) \leq \bar{Q}_{solt}^n(t); \quad \forall t \in \{T\}; \quad \forall n \in \{N\}, \quad (3.7)$$

где $\bar{Q}_{solt}^n(t)$ - максимальное количество выносимых стоком солей (ограничение сверху).

Для зон планирования, где нет собственных емкостей или они заполнены, условие (3.7) может оказаться невыполнимым. В этом случае необходимо либо увеличивать максимальное количество выносимых стоком солей, либо заменять это условие штрафной функцией.

Рассмотрим выражение (3.3) – равенство, в котором при выполнении условий (3.6) обеспечивает полное *равновесие* для зоны планирования. Остановимся на этом моменте подробнее. Под *равновесием* зоны планирования понимается как обеспечение водного режима, так и солевого: это еще раз подчеркивает, что в данном параграфе мы не пытаемся подменить работу аграрного сектора, где назначаются нормы промывок и выбираются режимы поливов культур, исходя из совокупности огромного количества факторов.

Фактическая водоподача $Q_r^{fact}(t)$ отличается от функции удельного водопотребления $Q_r^s(t)$, как вследствие дефицита водных ресурсов, так и чисто по техническим причинам. Это отклонение приводит к тому, что каждая культура получает некоторый стресс, приводящий к снижению ее урожайности. Этот стресс зависит как от вида культуры и конкретных агроклиматических условий зон планирования, так и от базового значения засоленности почв, на которых она выращивается.

Обозначим этот стресс

$$\lambda_{stress}^r(\bullet) = \lambda_{stress}^r((Q_r^s(\bullet) - Q_r^{fact}(\bullet)), Q_{solt}^{land}(\bullet)); \quad r \in \{R\}.$$

Понятно, что:

$$0 < \lambda_{stress}^r(\bullet) < 1; \quad \forall r \in \{R\}; \quad \forall Q_r^{fact}(\bullet), Q_{solt}^{land}(\bullet). \quad (3.8)$$

Теперь введем следующие допущения. Будем полагать, что требование со стороны местных водных ресурсов выполняется

полностью, и назначение $Q_r^s(t)$ аграрным сектором обосновано (по крайней мере, у нас нет основания считать, иначе). Тогда изменение степени засоленности почвы будет функцией только отклонения в подаче трансграничной части водных ресурсов. Обозначив через $dQ_r(t) = Q_r^s(t) - Q_r^{fact}(t)$, получим, что:

$$\lambda_{stress}^r(\bullet) = \lambda_{stress}^r(dQ_r(\bullet), Q_{solt}^{land}(\sum_r dQ_r(\bullet))), \quad (3.9)$$

где $Q_{solt}^{land}(\sum_r dQ_r(\bullet))$ - есть решение задачи водно-солевого баланса.

Отклонения в объемах выращиваемых сельскохозяйственных культур, выраженные через стрессовые коэффициенты, будут равны:

$$dP_r^{zp} = (1 - \lambda_{stress}^r) \cdot S_r^{zp} \cdot P_r. \quad (3.10)$$

Пусть C_r - стоимостная оценка недостатка единицы продукции Γ -ой культуры, а C_{solt}^{land} - стоимостная оценка изменения единицы поверхности зоны планирования на единицу засоленности. За рассматриваемый период примем начало и конец водохозяйственного года (1.XI и 30.X двух смежных лет), а именно: $\{T\} = \{t_0; t_k\}$. Тогда критерий качества (функционал) управления водными ресурсами в зоне планирования можно выписать целиком:

$$I^{zp}(Q_r^{fact}(\bullet), Q_{solt}^{land}(\bullet), t_0, t_k) = \sum_{r \in \{R\}} \left[C_r \cdot P_r \cdot S_r^{zp} \cdot \left(1 - \int_{t_0}^{t_k} \lambda_{stress}^r(dQ_r(t), Q_{solt}^{land}(t)) dt \right) \right] + \\ + C_{solt}^{land}(Q_{solt}^{land}(t_0)) + C_{solt}^{land}(Q_{solt}^{land}(t_k)) \Rightarrow \inf \quad (3.11)$$

В зависимости от того, как определены C_r и C_{solt}^{land} , можно делать различный упор, как на экономические показатели, так и на экологические, хотя величину C_{solt}^{land} можно интерпретировать и с экономической точки зрения как стоимость восстановления степени засоленности почвы до заданного уровня.

В качестве иллюстрации использования сформулированного критерия рассмотрим упрощенный вариант решения данной задачи.

Задача годового распределения водных ресурсов. Пусть, как это определено выше, для набора сельскохозяйственных культур $\{R\}$ определим вектор годового объема водных ресурсов как

$$W_r = \int_{t_0}^{t_k} Q_r^s(t) dt; \quad \forall r \in \{R\}. \quad (3.12)$$

При этом заметим, что здесь учтен дополнительный объем, требуемый для промывки почв. Каждая компонента этого вектора

имеет две составляющие, то есть $W_r = W_r^L + W_r^T$, первая, отражает объем водных ресурсов, получаемых из местных источников, а вторая, из трансграничных. Первая компонента, как правило, жестко связана с конкретными культурами и площадями. Эта компонента оптимизации не подлежит, но недоучет ее невозможен в силу нелинейности связи между урожайностью и водоподачей.

Далее рассмотрим правую часть функционала (4.11), проинтегрированного по t :

$$S_r^{zp} \cdot [C_r \cdot P_r \cdot (1 - \lambda_{stress}^r(dW, Q_{solt}^{land}))]; \quad \forall r \in \{R\},$$

здесь S , C и P - площадь, цена и урожайность, постоянные для культуры в текущем году, а dW - годовой объем отклонений в водоподаче, функция $\lambda_{stress}^r(dW, Q_{solt}^{land})$ является монотонно убывающей по dW , в свою очередь dW можно представить как $dW_r^L + dW_r^T + \dots$, где $(\dots)$ - факторы внешней среды. Поскольку величина $(dW_r^L + \dots)$ в оптимизации не участвует, можно вычислить $\lambda_{stress}^r(dW_r^L + \dots)$ и построить новую функцию $\lambda_{stress}^r(dW_r^T)$, которая также будет монотонно убывающей по dW_r^T . Фактически эта операция равносильна перемещению начала координат в точку $\lambda_{stress}^r(dW_r^L + \dots)$ на кривой $\lambda_{stress}^r(dW, Q_{solt}^{land})$.

В результате мы получим вместо $\lambda_{stress}^r(dW, Q_{solt}^{land})$ новую функцию, которая представляет собой сумму некоторой постоянной - $\lambda_{stress}^r(dW_r^L + \dots)$ и функции $\lambda_{stress}^r(dW_r^T)$:

$$\lambda_{stress}^r(dW, Q_{solt}^{land}) = \lambda_{stress}^r(dW_r^L + \dots) + \lambda_{stress}^r(dW_r^T), \quad (3.13)$$

которая непосредственно зависит от оптимизационного параметра $\lambda_{stress}^r(\bullet)$.

Следующий шаг заключается в формулировке ограничений на dW_r^T , которые в соответствии со сложившимся традициям задаются в неявном виде через плановые требования на минимальные объемы культур, то есть:

$$S_r \cdot P_r \cdot \lambda_{stress}^r(dW, Q_{solt}^{land}) \geq Y_r^{\min}; \quad \forall r \in \{R\}. \quad (3.14)$$

Учитывая вышеприведенный анализ и обозначая dW_r^T через x_r , это выражение можно переписать в виде:

$$\psi_r(x_r) \geq \frac{Y_r^{\min}}{Y_r^{\max}}; \quad \forall r \in \{R\}, \quad (3.15)$$

где: $\psi_r(x_r) = \lambda_{stress}^r \Big|_{(dW_r^L + \infty)}$ - результирующая функция задач (стресс Г - культуры при годовом объеме отклонений в водоподаче за счёт трансграничных водных ресурсов); $Y_r^{\max} = S_r \cdot P_r \Big|_{(dW_r^L + \infty)}$ - максимально возможный урожай при полном использовании местных водных ресурсов.

Нет необходимости в верхнем ограничении на объемы сельскохозяйственной продукции, поскольку данная задача имеет смысл лишь при дефиците водных ресурсов, то есть при

$$\sum_r S_r \cdot W_r^T > W^T \quad (3.16)$$

неравенство должно выполняться строго, в противном случае все заявки водопотребителей выполняются, и нет необходимости в каком-либо дополнительном водораспределении.

Поскольку $W^T = \sum_r x_r$, мы сталкиваемся с так называемой задачей переопределенного типа, а именно: ограничение (3.15) подпирает вектор X_r снизу, а установленный для зоны планирования объем водных ресурсов - сверху, поэтому не исключены ситуации, когда допустимое множество для X_r будет пустым, то есть сформулированная задача не будет иметь решения вообще. Путем перевода части ограничений в элементы функционала можно в принципе найти выход в подобных ситуациях.

Ограничение на X_r сверху обусловлено имеющимся водным ресурсом, и не подлежит корректировке на уровне зоны планирования, поэтому рассмотрим более подробно ограничение на X_r снизу, которое связано с плановыми требованиями на объемы выращиваемой продукции, формула (3.15).

Нарушение ограничения (3.15) приводит к снижению объема выращиваемой продукции на некоторую величину ΔY_r , $\Delta Y_r = Y_r^{\min} - Y_r$, которую необходимо покрыть за счет внешних поставок. Пусть стоимость импорта единицы Г - ой культуры в зоне планирования составляет C_r^{im-r} , тогда снижение национального дохода в зоне планирования по каждой культуре за

счет ее импорта составляет: $\Delta Y_r \cdot \Delta C_r$, где $\Delta C_r = (C_r^{im-r} - C_r)$, при $\Delta Y_r > 0$; и $\Delta C_r = 0$, при $\Delta Y_r \leq 0$.

Выражение для ΔC_r записано с учетом разницы в стоимости импорта и экспорта. Подставляя выражение $\Delta Y_r \cdot \Delta C_r$ со знаком минус в функционал (3.11), мы избавляемся от ограничения (3.15) и тем самым от ситуации с пустым множеством для X_r .

Таким образом, задачу годового оптимального распределения водных ресурсов в зона планирования можно сформулировать целиком. Для заданного множества сельхозкультур $\{R\}$, расположенных на площадях S_r , требуется определить вектор X_r , доставляющий максимум функционалу:

$$\sum_{r \in \{R\}} S_r \cdot (C_r + \Delta C_r) \cdot P_r \cdot \psi_r(x_r) - Y_r^{\min} \cdot \Delta C_r(x_r) \Rightarrow \max_x, \quad (3.17)$$

где:

$$\Delta C_r(x_r) = (C_r^{im-r} - C_r), \text{ при } \Delta Y_r > 0; \text{ и } \Delta C_r(x_r) = 0, \text{ при } \Delta Y_r \leq 0.$$

$$\Delta Y_r = Y_r^{\min} - S_r \cdot P_r \cdot \psi_r(x_r),$$

$Y_r^{\min}$ - плановый объем r -ой сельскохозяйственной культуры.

При выполнении ограничений:

$$0 \leq x_r \leq S_r \cdot W_r^T, \quad \forall r \in \{R\}, \quad (3.18)$$

$$\sum_r x_r = W^T, \quad (3.19)$$

где W^T - объем трансграничных водных ресурсов, выделяемых зоне планирования.

Таким образом, задача (3.17)-(3.19) относится к нелинейному классу задач и для поиска оптимума используются методы нелинейного программирования.

3.2. Модуль оценки цены на воду

Одним из основных факторов в планировании и использовании водных ресурсов является средняя экономическая оценка цены на воду. В методологическом плане важен механизм расчета и основные принципы, заложенные в нем. Исходя из этого, в данном параграфе монографии приводятся последовательно основные этапы расчетной схемы, то есть упрощенный алгоритм расчета этой величины.

Первым шагом расчетной схемы является определение затрат на водоподачу и водоотведение, в рамках которой определяются:

- ❖ затраты водохозяйственной организации;
- ❖ затраты на водоотведение и мелиоративное обслуживание;
- ❖ доли затрат на водоподачу для орошения;
- ❖ постоянные затраты по водоподаче.

Общие водохозяйственные затраты по k -ой зоне планирования определяются по формуле

$$C_k = \sum_i P_i^k, \quad (3.20)$$

где $P_i^k = \alpha_i^k \cdot (A_i + S_i + F_i + K_i + R_i)$; α_i^k - доля обслуживания i -ой водохозяйственной организации в рамках k -ой зоны планирования; A_i - годовые амортизационные отчисления на реновацию основных фондов i -ой водохозяйственной организации; S_i - ежегодные затраты на содержание эксплуатационного штата i -ой водохозяйственной организации; F_i - ежегодные затраты на содержание и текущий ремонт основных фондов i -ой водохозяйственной организации; K_i - капитальный ремонт основных фондов i -ой водохозяйственной организации; R_i - прочие эксплуатационные расходы i -ой водохозяйственной организации.

Затраты на водоотведение и мелиоративное обслуживание фактически складываются из затрат по эксплуатации коллекторов и скважин вертикального дренажа, а также из затрат гидромелиоративной экспедиции, входящей как обслуживающая организация в рамках выбранной зоны планирования. Обычно эти данные отдельно не выделяются, а включаются в общие затраты водохозяйственной организации - C_k . Следовательно, для упрощения расчета определим долю затрат на водоотведение в общих затратах, согласно фактическим данным, а именно воспользуемся формулой:

$$\bar{C}_k = \beta_k \cdot C_k, \quad (3.21)$$

где β_k - доля затрат на водоотведения для k -ой зоны планирования.

Доли затрат на водоподачу для орошения определим по формуле

$$C_k^w = \gamma_k \cdot (C_k - \bar{C}_k), \quad (3.22)$$

где γ_k - удельный коэффициент водопотребления на орошения от общего водопотребления в k -ой зоне планирования:

$$\gamma_k = \frac{W_k^{фак}}{W_k^{общ}} \quad (3.23)$$

где $W_k^{фак}$ - фактический водозабор на орошение на границе k -ой зоны планирования;

Для определения постоянных затрат по водоподачу для k -ой зоны планирования используем формулу:

$$C_k^{пост} = \sum_i \bar{P}_i^k, \quad (3.24)$$

где $\bar{P}_i^k = \alpha_i^k \cdot (A_i + K_i + L_i)$; L_i - затраты связанные с оплатой труда i -ой водохозяйственной организации. Остальные обозначения ранее нами были определены. Значение постоянных затрат по водоподаче меньше, чем доли затрат на водоподачу для орошения, а именно: $C_k^{пост} < C_k^w$.

Вторым шагом расчетной схемы является определение экономических цен на используемые ресурсы в затратах водохозяйственной организации, в рамках которой определяются:

- ❖ структура затрат водохозяйственной организации;
- ❖ специфические конверсионные факторы и экономические стоимости ресурсов.

Сначала определяется структура затрат i -ой водохозяйственной организации (т.е. определяются суммарные затраты на оплату труда, электроэнергию и на горюче-смазочные материалы), а именно:

- затраты, связанные с оплатой труда в k -ой зоне планирования - $\bar{L}_k = \sum_i L_i$,
- затраты, связанные с оплатой электроэнергии в k -ой зоне планирования - $\bar{E}_k = \sum_i E_i$,
- затраты, связанные с оплатой ГСМ в k -ой зоне планирования - $\bar{G}_k = \sum_i G_i$,

где L_i - затраты, связанные с оплатой труда i -ой водохозяйственной организации; E_i - затраты, связанные с оплатой электроэнергии в i -ой водохозяйственной организации; G_i -

затраты, связанные с оплатой ГСМ в i -ой водохозяйственной организации.

При этом прочие затраты в k -ой зоне планирования определяются по формуле:

$$C_k^{np} = C_k - \bar{L}_k - \bar{E}_k - \bar{G}_k, \quad (3.25)$$

где C_k^{np} - прочие затраты в k -ой зоне планирования. При этом должно выполняться условие $C_k = C_k^{общ}$, где $C_k^{общ}$ - общие ежегодные затраты в k -ой зоне планирования.

Теперь рассмотрим методику определения долей затрат труда, ГСМ, электроэнергии и прочих затрат в k -ой зоне планирования. Эти затраты определяются следующим образом:

- доля затрат на заработанную плату в k -ой зоне планирования ($D_{\bar{L}_k}$):

$$D_{\bar{L}_k} = \frac{\bar{L}_k}{C_k}, \quad (3.26)$$

- доля затрат на электроэнергию в k -ой зоне планирования ($D_{\bar{E}_k}$):

$$D_{\bar{E}_k} = \frac{\bar{E}_k}{C_k}, \quad (3.27)$$

- доля затрат на ГСМ в k -ой зоне планирования ($D_{\bar{G}_k}$):

$$D_{\bar{G}_k} = \frac{\bar{G}_k}{C_k}, \quad (3.28)$$

- доля прочих затрат в k -ой зоне планирования ($D_{C_k^{np}}$):

$$D_{C_k^{np}} = \frac{C_k^{np}}{C_k}. \quad (3.29)$$

При всем этом должно выполняться условие:

$$D_{\bar{L}_k} + D_{\bar{E}_k} + D_{\bar{G}_k} + D_{C_k^{np}} = 1., \text{ или } D_{C_k^{np}} = 1 - D_{\bar{L}_k} - D_{\bar{E}_k} - D_{\bar{G}_k}.$$

Экономическая стоимость труда $C_{\bar{L}_k}^{ec}$ равна его финансовой стоимости за минусом подоходного налога. Поскольку подоходный налог имеет дифференцированную ставку в зависимости от величины дохода, то она определяется как средний подоходный налог в размере 20% от зарплаты. В связи с этим специфический конверсионный фактор для труда C_L равен $C_L^{con} = 0,8$. Таким образом, экономическая стоимость труда определяется:

$$C_{\bar{L}_k}^{ec} = \bar{L}_k \cdot C_L^{con} \quad (3.30)$$

Экономическая стоимость ГСМ $C_{G_k}^{ec}$ определяется по следующей схеме расчета, если ГСМ является рыночным товаром, то есть импортируется и закупается за валюту. Введем необходимые в дальнейшем обозначения:

- финансовая цена - C^f ;
- неоткорректированный конверсионный фактор - C_u^f ;
- неоткорректированная экономическая стоимость - C_u^{ec} ;
- доля затрат, понесенных в валюте (т.е. % содержания рыночного товара) - D^c ;
- стоимость премии обменного курса - E^{xp} ;
- откорректированная экономическая стоимость - C_{kor}^{ec} .

Итак, в зависимости от наименований всех затрат, которые формируют цену на используемый ресурс, последовательно заполняется следующая таблица 6.

Таблица 6.

Экономическая стоимость ГСМ

I	II	III	IV	V	VI	VII
Наименование	C^f	C_u^f	C_u^{ec}	D^c	E^{xp}	C_{kor}^{ec}
Внутренние рыночные цены						
Тариф (таможенная пошлина)						
Транспортные затраты (погрузки-разгрузки)						
Акциз						
Цена						
Конверсионный фактор - C^{con}						

В графу I таблицы 6 вписывается численное значение затрат. Сумма II графы дает финансовую цену (C^f). В случае, если в графе I присутствует строка "Субсидии", она вычитается из финансовой цены для расчета финансовой стоимости вводимых ресурсов (используемых в процессе производства).

В графе III таблицы 6 определяется неоткорректированный конверсионный фактор (C_u^f). При этом заметим, что для внутренней рыночной цены $C_u^f = 1$, так как товар является рыночным, а для налогов и субсидий $C_u^f = 0$, поскольку в экономических ценах происходит очищение от налогов и субсидий.

Для транспортных и погрузочно-разгрузочных работ C_u^f определяется с учетом структуры этих затрат и принимается меньше 1. В случае, если какой-то вид затрат субсидируется, $C_u^f > 1$, и определяется, исходя из величин субсидии и ее удельного веса в затратах данного вида.

В графе IV таблицы 6 определяется неоткорректированная экономическая стоимость C_u^{ec} :

$$C_u^{ec} = C^f \cdot C_u^f \quad (3.31)$$

В графе V таблицы 6 определяется доля затрат, понесенных в валюте D^c . Для внутренней рыночной цены эта величина $D^c = 100\%$, а для остальных затрат - в зависимости от доли затрат в валюте.

В графе VI определяется стоимость премии обменного курса E^{xp} , позволяющей учесть экономическую стоимость валютно-обменных операций, существующих в стране. Размер премии обменного курса определяется следующим образом:

$$E^{xp} = \frac{\sum \text{акцизов} + \sum \text{тамож.пошлин}}{\sum \text{экспорта} + \sum \text{импорта}} \quad (3.32)$$

Для Республики Таджикистан эта величина равна $E^{xp} = 12\%$. Для расчета E^{xp} необходимо использовать данные национального отчета по ВВП и государственному бюджету. E^{xp} является национальным показателем, единым для государства. Таким образом, стоимость премии обменного курса определяется:

$$CE^{xp} = E^{xp} \cdot D^c \cdot C_u^{ec}, \quad (3.33)$$

где стоимость премии обменного курса (CE^{xp}) определяется по каждой составляющей цены.

В графе VII таблицы 6 определяется откорректированная экономическая стоимость C_{kor}^{ec} .

$$C_{kor}^{ec} = C_u^{ec} + CE^{xp}. \quad (3.34)$$

Сумма по графе VII дает экономическую стоимость используемого ресурса, а именно экономическую стоимость ГСМ. Конверсионный фактор для ГСМ определяется как отношение экономической стоимости к финансовой:

$$C_G^{con} = \frac{C_{kor}^{ec}}{C^f}.$$

Таким образом, в случае расчета экономической стоимости ГСМ, специфический конверсионный фактор принимаем равным 0,8, с учетом НДС равным 20%. При этом экономическая стоимость ГСМ будет:

$$C_{\bar{G}_k}^{ec} = \bar{G}_k \cdot C_G^{con}. \quad (3.35)$$

Экономическая стоимость электроэнергии определяется по следующей расчетной схеме, в основу которой положены финансовые цены, конверсионный фактор и экономическая цена данного ресурса. Итак, заполняется следующая таблица 7.

Таблица 7.

Экономическая стоимость электроэнергии.

Наименование	Финансовая цена	Конверсионный фактор	Экономическая цена
Цена	C^{fin}	C^{ec} / C^{fin}	C^{ec}
Субсидия	C^{sub}	0	
Итого:	$C^{fin} - C^{sub}$		

Окончательно конверсионный фактор, в случае расчета экономической стоимости электроэнергии, определяется как:

$$C_E^{con} = \frac{C^{ec}}{C^{fin} - C^{sub}}, \quad (3.36)$$

где C^{fin} - финансовая цена 1 кВт.ч. электроэнергии (в качестве этой величины можно рассматривать среднюю цену на рынке электроэнергии); C^{ec} - экономическая цена 1 кВт.ч. электроэнергии (можно принимать, что $C^{ec} = C^{fin}$); C^{sub} - размер субсидии 1 кВт.ч. электроэнергии. Премия обменного курса в данном случае не учитывается, так как электроэнергия, вырабатываемая на электростанциях, не является рыночным товаром.

Таким образом, экономическая стоимость электроэнергии определяется по формуле:

$$C_{\bar{E}_k}^{ec} = \bar{E}_k \cdot C_E^{con}. \quad (3.37)$$

Экономическая стоимость прочих расходов. К прочим расходам в данном случае отнесены расходы на содержание эксплуатационного штата за исключением заработанной платы, а так же расходы, связанные с производством текущих и капитальных ремонтов за вычетом заработанной платы, ГСМ и электроэнергии. В основном этими затратами являются затраты на приобретение строительных материалов. Известно, что для этого вида работ, как правило, используются местные строительные материалы, которые не являются рыночными товарами. Поэтому конверсионный фактор для этого вида расходов ($C_{C_k^{np}}^{con}$) можно принять равным 0,8 с учетом НДС, равным 20%. В связи с этим специфический конверсионный фактор для прочих расходов C^{np} равен $C_{C_k^{np}}^{con} = 0,8$.

Таким образом, экономическая стоимость прочих расходов в k -ой зоне планирования определяется по формуле:

$$C_{C_k^{np}}^{ec} = C_k^{np} \cdot C_{C_k^{np}}^{con}, \quad (3.38)$$

Определение взвешенных конверсионных факторов. Для всех наименований затрат (зарплата, ГСМ, электроэнергия и прочие) определяется взвешенный конверсионный фактор:

$$CF_{v(*)}^k = D_{(*)} \cdot C_{(*)}^{con}, \quad (3.39)$$

где $CF_{v(*)}^k$ - взвешенный конверсионный фактор в k -ой зоне планирования, соответствующей компонентам затрат; $D_{(*)}$ - доля затрат соответствующего компонента затрат; $C_{(*)}^{con}$ - соответствующий специфический конверсионный фактор, вычисленный для каждого компонента затрат.

Итак, в зависимости от наименований всех затрат, которые формируют цену на используемый ресурс, последовательно заполняется следующая таблица 8.

Таблица 8.

Конверсионный фактор

Наименование	Доля	Специфический конверсионный фактор	Взвешенный конверсионный фактор
Зарплата	$D_{\bar{L}k}$	C_L^{con}	$D_{\bar{L}k} \cdot C_L^{con}$
ГСМ	$D_{\bar{E}k}$	C_E^{con}	$D_{\bar{E}k} \cdot C_E^{con}$
Электроэнергия	$D_{\bar{G}k}$	C_G^{con}	$D_{\bar{G}k} \cdot C_G^{con}$
Прочие	$D_{C_k^{np}}$	$C_{C_k^{np}}^{con}$	$D_{C_k^{np}} \cdot C_{C_k^{np}}^{con}$
Всего:	1		CF

Третьим шагом расчетной схемы является определение экономических цен на водохозяйственные услуги, в рамках которой определяются:

- ❖ затраты на водоподачу в экономических ценах;
- ❖ постоянные затраты в экономических ценах;
- ❖ стоимость 1 м³ воды для орошения.

Затраты на водоподачу в экономических ценах. Эта величина определяется по следующей формуле

$$EC_k^w = C_k \cdot CF_{v(*)}^k, \quad (3.40)$$

где C_k - общие затраты на водоподачу в k -ой зоне планирования (см. (3.20)); $CF_{v(*)}^k$ - взвешенный конверсионный фактор в k -ой зоне планирования, соответствующий компонентам затрат.

Для определения постоянных затрат на водоподачу в экономических ценах, воспользуемся формулой

$$EC_k^{пост} = C_k^{пост} \cdot CF_{v(*)}^k. \quad (3.41)$$

где $C_k^{пост}$ - общие затраты на водоподачу в k -ой зоне планирования (см. (3.20)).

Величина страхового фонда определяется по формуле

$$SF_k = 0,1 \cdot EC_k^{пост} \quad (3.42)$$

Страховой фонд включается в затраты по водоподаче в размере 10% от постоянных затрат. Он формируется с целью покрытия затрат в маловодные годы. Эту величину можно принять для расчетов по любой зоне планирования.

Стоимость 1 м³ воды для орошения в экономических ценах определяется

$$CP_k = \frac{EC_k^w + SF_k}{W_k^{фак}}, \quad (3.43)$$

где CP_k - цена 1 м³ воды для орошения; EC_k^w - затраты на водоподачу в экономических ценах в k – ой зоне планирования; SF_k - величина страхового фонда; $W_k^{фак}$ - фактический водозабор на орошение на границе k -ой зоны планирования (т.е. лимит в точках выдела хозяйствам на орошения).

В соответствии с вышеизложенной методикой нами произведен экономический расчет цены на воду для трех выбранных зон планирования Республики Таджикистан: Верхне-Кафирниганской, Каратаг-Ширкентской и Нижне-Кафирниганской.

Результаты проведенных численных экспериментов представлены в таблице 9.

Таблица 9.

Затрат на водоподачу

Основные показатели ^{*)}	Наименование зон планирования		
	Верхне-Кафирниганская	Каратаг-Ширкентская	Нижне-Кафирниганская
Общие водохозяйственные затраты (млн.МВ ^{**)}	2604.52	14.77	568.41

Общие мелиоративные затраты (млн.МВ)	208.36	0.74	51.16
Затраты на водоподачу (млн.МВ)	2204.43	12.07	491.40
Постоянные затраты по водоподаче (млн.МВ)	2095.19	11.88	466.68
Доля зарплаты в общих затратах (млн.МВ)	24.42	0.14	4.84
Доля электроэнергии в общих затратах (млн.МВ)	30.53	0.17	8.42
Доля ГСМ в общих затратах (млн.МВ)	56.29	0.32	12.26
Доля прочих затрат (млн.МВ)	2493.28	14.14	542.89
Суммарный взвешанный фактор ^{***)}	0.84	0.84	0.84
Зарплата в экономических ценах (млн.МВ)	2187.80	12.41	477.46
Постоянные затраты в экономических ценах (млн.МВ)	1759.96	9.98	392.01
Сумма страхового фонда (млн.МВ)	176	1	39.20
Средняя цена на воду (МВ/м ³)	2.84	0.16	0.58
Курс доллара (МВ)	747	747	747
Средняя цена на воду (цент/м ³)	0.38	0.03	0.08
Фактический водозабор на орошение (млн.м ³)	831.97	83.65	893.11

^{*)} Основные показатели расчета средней экономической цены на воду приводятся в сопоставимых ценах 1997 года.

^{**) МВ – местная валюта.}

^{***)} Расчет суммарного взвешанного фактора для всех указанных зон планирования представлена в таблице 10.

Таблица 10.

Суммарный взвешанный фактор

Наименование компонентов затрат	Доля компонентов затрат в общих затратах	Специфический конверсионный фактор	Взвешенный конверсионный фактор
ГСМ	0.014	0.8	0.011
Зарплата	0.009	0.8	0.0072
Электроэнергия	0.022	2.63	0.058
Прочие	0.955	0.8	0.764
Суммарный взвешенный фактор			0.84

3.3. Модуль оценки КПД оросительной сети

Одной из важных проблем в свете использования водных ресурсов является проблема экономии воды посредством повышения КПД оросительной сети. Многочисленные исследования [Абдусаматов, 1989; Внутрихозяйственное водопользование..., 1988; Повышения эффективности ..., 1989; Укрупненные нормы расхода воды..., 1973] свидетельствуют о том, что основные потери воды происходят именно из-за низкой величины КПД оросительной сети. Управление водными ресурсами в рамках национальных границ каждого государства это сугубо внутреннее дело, и степень рационального использования водных ресурсов зависит от величин КПД оросительной сети. Следовательно, снижение потерь воды, ее экономия и бережливое отношение к ней в целом формирует политику в отношении использования водных ресурсов как национальных, так и трансграничных. Например, перспектива использования водных ресурсов в Республике Таджикистан в ближайшие 10-15 лет будет определяться, в основном, интенсивным ростом численности населения, которое по прогнозам к 2010 г. увеличится на 70% и составит 8,9 млн. человек. Проблема обеспечения населения продуктами питания из года в год становится все более сложной. Увеличение производства продуктов сельского хозяйства возможно только за счет расширения орошаемых земель, а также повышения продуктивности существующих угодий.

Соответственно, водопотребление на орошение играет определенную роль в функционировании всего водохозяйственного комплекса республики. Нормы водоподачи на комплексный гектар орошаемой площади зависят от структуры посевных площадей, а удельный водозабор на орошаемую территорию и от КПД систем.

Многолетними исследованиями [Абдусаматов, 1989; Домулложанов, 1992; Повышения эффективности ..., 1989; ТаджикНИИГиМ. Отчет по проекту ..., 1999; ТаджикНИИГиМ. Отчет по проекту реабилитации ирригационной и дренажной сети хозяйства “Варзоб” ..., 1999] установлено, что основные потери воды происходят на поле, так что снижение потребления водных ресурсов до 80-82% будет получено за счёт повышения КПД техники полива и только 18-20% за счёт сокращения потерь в оросительных системах. Главным образом потери воды

сосредоточены во внутрихозяйственной оросительной сети и межхозяйственной оросительной сети (включая магистральные каналы).

Например, основные данные по существующему техническому и организационному КПД оросительных систем для Верхне-Кафирниганской зоны планирования составляют, см. таблицу 11.

Повышение КПД межхозяйственной оросительной сети может быть осуществлено в первую очередь реконструкцией и модернизацией сетей, посредством бетонирования каналов (сокращает технические потери) и применением АСУ (сокращает организационные потери - сбросы). Однако проведение этих работ очень затруднено из-за того, что вся оросительная сеть взаимосвязана. При этом надо четко осознавать, что без дополнительных затрат (в зависимости от состояния оросительной системы) невозможно осуществить мероприятия по повышению КПД как межхозяйственной, так и внутрихозяйственной сети.

Таблицу 11.

Существующие данные по КПД

Зона планирования	КПД межхозяйственной сети (включая магистральные каналы)	КПД внутрихозяйственной сети**	КПД оросительной системы
Верхне-Кафирниганская	0.81(0.83/0.96)	0.70	0.58 (0.81*0.70)

*) числитель - технический КПД, знаменатель - организационный КПД (характеризует организационные потери - сбросы).

**) организационный КПД $\approx 0.91-0.96$.

Повышения эффективности КПД внутрихозяйственной оросительной сети. Рассмотрим вопрос о повышении КПД внутрихозяйственной сети в перспективе для одной выбранной зоны планирования за счёт *капвложений на усовершенствование и модернизацию*.

Естественно, модернизация внутрихозяйственной оросительной сети предусматривает: повышение КПД оросительной сети посредством проведения комплекса мероприятий, а именно: *установления железобетонных лотков, облицовку каналов бетоном*

или железно-бетонными плитами, реконструкцию водозаборных и распределительных сооружений.

В рассматриваемой зоне планирования площадь орошаемых земель с внутрихозяйственными каналами без антифильтрационных покрытий и с антифильтрационными покрытиями (имеется ввиду бетонная облицовка, трубы большого диаметра, ж/б лотки) составляет соответственно 75.4% и 24.6%. Например, в Верхне-Кафирниганской зоне планирования КПД внутрихозяйственной оросительной сети с каналами без антифильтрационных покрытий составляет 0.65. При этом заметим, что все мероприятия по повышению КПД внутрихозяйственной сети будут осуществляться, главным образом, на орошаемых землях с каналами без защитных покрытий.

Многолетние исследования [Абдусаматов, 1989; Бабаев, 1965; Бончковский, Кутеминский, 1961; Васильчикова, 1982; Кутеминский, Леонтьева, 1966; Повышения эффективности ..., 1989; ТаджикНИИГиМ. Отчет ... 1999; ТаджикНИИГиМ. Отчет ... хозяйства "Варзоб" ..., 1999], проводимые в Республике Таджикистан, показывают, что в различных природно-хозяйственных областях республики можно реально повысить КПД внутрихозяйственной оросительной сети без антифильтрационных покрытий приблизительно до $0.82 \div 0.88$ или в среднем до 0.84, в том числе технический КПД $\cong 0.85$, а организационный КПД $\cong 0.96$. При этом такой уровень КПД внутрихозяйственной оросительной сети достигается путем реконструкции и модернизации оросительной сети.

Удельные капиталовложения на повышение КПД внутрихозяйственной оросительной сети до 0.85, например, в условиях Гиссарской долины (включающей Верхне-Кафирниганскую зону планирования) в пересчете на US\$ приведены в таблице 12 (в сопоставимых ценах 1984 года с пересчетом на US\$ 1997 года). Из данной таблицы видно, что удельные капвложения дифференцированы по типичным уклонам поверхности земли и водопроницаемости почвогрунтов.

При определении этих удельных капвложений исходим из того, что в обозримой перспективе в республике будет преобладать поверхностный способ полива сельхозкультур по бороздам. Удельные капвложения (US\$/га) определены исходя из протяженности каналов внутрихозяйственной оросительной сети

различного порядка (м/га) и цены модернизации 1 м каналов. Протяженность и конструкции оросительной сети определялись с учетом уклонов поверхности земли и водопроницаемости почвогрунтов.

Таблица 12

Удельные капиталовложения на повышение КПД внутрихозяйственной оросительной сети до 0.85 (технического КПД до 0.96) для условий Гиссарской долины.								
US\$/га								
У к л о н ы								
0.01			0.005 – 0.01			0.005		
ПВВ	СВ	ПНВ	ПВВ	СВ	ПНВ	ПВВ	СВ	ПНВ
3200	3300	3300	2500	2100	1500	3800	2300	2000
ПВВ – почвогрунты с повышенной водопроницаемостью								
СВ – почвогрунты со средней водопроницаемостью								
ПНВ – почвогрунты с пониженной водопроницаемостью								

Цены модернизации 1 м каналов оросительной сети соответствующей конструкции (ж/б лотки, бетонная облицовка, трубы) принималась по данным конкретных проектов [Материалы проекта ВАРМАП-1...1995; WARMAP, European Commission. Water Resources Management & Agricultural...1995], подготовленных для Гиссарской долины.

Распределение площади орошаемых земель расчетных зон планирования определяется по уклонам поверхности земли и водопроницаемости почве грунтов. В таблице 13 на примере Верхне-Кафирниганской зоны планирования приведены в процентном соотношении площади орошаемых земель с типичными уклонами и водопроницаемостью почвогрунтов.

Вычисленные по данным таблиц 12 и 13 средневзвешенные удельные капвложения на повышение КПД внутрихозяйственной оросительной сети до 0.85 для Верхне-Кафирниганской зоны планирования составляют приблизительно (финансовая оценка) 2667 US\$/га. При этом удельные капвложения на повышения КПД внутрихозяйственной оросительной сети по финансовой оценке могут быть приняты приблизительно равными удельным капвложениям по экономической оценке.

Таблица 13.

Соотношение площади орошаемых земель

Зона планирова ния	У К Л О Н Ы											
	0.01			0.005-0.01			0.002-0.005			0.002		
	ПВ В	СВ	ПН В	ПВ В	С В	ПН В	ПВ В	СВ	ПН В	ПВ В	С В	ПН В
Верхне- Кафирнига нская		19. 1			36. 5	5.4		6.1		7.2	21. 5	4.8
ПВВ – почвогрунты с повышенной водопроницаемостью, СВ – почвогрунты со средней водопроницаемостью, ПНВ – почвогрунты с пониженной водопроницаемостью.												

При вычислении КПД внутрихозяйственной оросительной сети выбранной зоны планирования в году n мы воспользовались методикой, основные положения которой приведены в следующих формулах, а именно:

Капиталовложения на повышение КПД внутрихозяйственной оросительной сети в году n определяются:

$$C_n^{in-ec} = S_n^m \cdot C^{put-sp}, \quad (3.44)$$

где S_n^m - площадь орошаемых земель зоны планирования, на которой в году n модернизируется внутрихозяйственная оросительная сеть, га; C^{put-sp} - средневзвешенные удельные капвложения на модернизацию внутрихозяйственной оросительной сети и повышения ее КПД, US\$/га.

КПД внутрихозяйственной оросительной сети зоны планирования в n -м году определяется по формуле:

$$\mathcal{R}_n^{in-ec} = \mathcal{R}_{in} \cdot \left(\frac{S_{in}^c}{100}\right) + \mathcal{R}_{w-c} \cdot \left(\left(\frac{S_{in}^b}{100}\right) - \sum_{n=1}^{n-1} \frac{S_n^m}{S_0}\right) + \mathcal{R}_{aft}^m \cdot \sum_{n=1}^{n-1} \frac{S_n^m}{S_0}, \quad (3.45)$$

где S_0 - площадь орошаемых земель зоны планирования, га; S_{in}^c - площадь орошаемых земель зоны планирования с каналами с антифильтрационными покрытиями (исходное значение), % от общей площади орошаемых земель; S_{in}^b - площадь орошаемых земель зоны планирования с каналами без антифильтрационных покрытий (исходное значение), % от общей площади орошаемых земель; $\mathcal{R}_{in}$ - исходный КПД внутрихозяйственной оросительной сети с каналами с антифильтрационных покрытий ($\mathcal{R}_{in} \approx \mathcal{R}_{aft}^m$); $\mathcal{R}_{w-c}$ - исходный КПД внутрихозяйственной оросительной сети с каналами

без антифильтрационных покрытий; $\mathfrak{R}_{aft}^m$ - КПД внутрихозяйственной оросительной сети после ее модернизации ($\mathfrak{R}_{aft}^m = 0,92$, в т.ч. технический 0,95).

Существует также ограничение на площадь орошаемых зон планирования ($\sum_{n=1}^N S_n^m$), а именно $0 \leq \sum_{n=1}^N S_n^m \leq \frac{S_{in}^b}{100} \cdot S_0$, где N - конечный год перспективного расчетного периода. При этом прирост КПД внутрихозяйственной оросительной сети в год n относительно КПД исходного вычисляется по формуле:

$$\Delta \mathfrak{R}_n^{in_ec} = \mathfrak{R}_n^{in_ec} - \mathfrak{R}_{beg}^{in_ec}, \quad (3.46)$$

где $\mathfrak{R}_{beg}^{in_ec}$ - исходный КПД внутрихозяйственной оросительной сети выбранной зоны планирования. А прирост КПД внутрихозяйственной оросительной сети в n -м году относительно КПД предыдущего года вычисляется по формуле:

$$\Delta \mathfrak{R}_n^{in_ec} = \mathfrak{R}_n^{in_ec} - \mathfrak{R}_{n-1}^{in_ec}, \quad (3.47)$$

Таким образом, при вычислении КПД внутрихозяйственной оросительной сети зоны планирования в году n мы воспользовались описанной выше методикой (см. (3.44)-(3.47)). Результаты расчетов приведены в таблице 14.

Заметим однако, что затраты на эксплуатацию внутрихозяйственной оросительной сети зоны планирования (без амортизации) в год n вычисляется по формуле:

$$\mathfrak{Z}_n^{in_ec} = \mathfrak{Z}_{beg}^{in_ec} \cdot \frac{S_0 - \sum_{n=1}^{n-1} S_n^m}{S_0} + \mathfrak{Z}_{aft}^{in_ec} \cdot \frac{\sum_{n=1}^{n-1} S_n^m}{S_0}, \quad (3.48)$$

где $\mathfrak{Z}_{beg}^{in_ec}$ - затраты на эксплуатацию внутрихозяйственной оросительной сети (без амортизации) - исходное значение, US\$/га; $\mathfrak{Z}_{aft}^{in_ec}$ - затраты на эксплуатацию внутрихозяйственной оросительной сети после ее модернизации (без амортизации), US\$/га.

В первом приближении нами в качестве значения $\mathfrak{Z}_{beg}^{in_ec}$ использованы данные по реабилитационному проекту ряда хозяйств Гиссарской долины 1997 г., по которым фактические затраты на эксплуатацию внутрихозяйственной оросительной сети составляют около 15 US\$/га [ТаджикНИИГиМ. Отчет ... “Хакикат” ..., 1999].

Значения $\mathfrak{S}_{aft}^{in_ec}$ для внутрихозяйственной оросительной сети Верхне-Кафирниганской зоны планирования рассматривались как среднее значение данных Азиатского банка развития, который предусматривает затраты на эксплуатацию внутрихозяйственной оросительной сети в лотках и с бетонной облицовкой в размере 41 US\$/га (без амортизации). Результаты расчетов приведены в таблице 15.

Повышения эффективности КПД межхозяйственной и магистральной оросительной сети. Капиталовложение на сокращения потерь из межхозяйственных и магистральных оросительных сетей и повышение их КПД состоят, главным образом², из затрат на

- бетонирование каналов,
- реконструкцию водораспределительных и водозаборных сооружений,
- оснащение каналов системами автоматического управления.

Аналогично, прирост КПД магистральной и межхозяйственной оросительной сети расчетной зоны планирования в год n перспективного расчетного периода определяется по формуле:

$$\Delta \mathfrak{R}_n^{mb_ec} = \frac{\Delta \mathfrak{R}_{c_mb}^{mb_ec}}{C_{mb}^k} \cdot C_{n-1}^{mb_ec}, \quad (3.49)$$

где C_{mb}^k - капиталовложения на повышение КПД магистральной и межхозяйственной оросительной сети расчетной зоны планирования, US\$; $\Delta \mathfrak{R}_{c_mb}^{mb_ec}$ - прирост КПД магистральной и межхозяйственной оросительной сети расчетной зоны планирования, достигаемой C_{mb}^k ; $C_{n-1}^{mb_ec}$ - капиталовложения на повышения КПД магистральной и межхозяйственной оросительной сети расчетной зоны планирования в год $n-1$, US\$.

КПД магистральной и межхозяйственной оросительной сети расчетной зоны планирования в год n определяется по формуле:

$$\mathfrak{R}_n^{mb_ec} = \mathfrak{R}_{beg}^{mb_ec} + \sum_{n=1}^N \Delta \mathfrak{R}_n^{mb_ec}, \quad (3.50)$$

где: $\mathfrak{R}_{beg}^{mb_ec}$ - исходный КПД магистральной и межхозяйственной оросительной сети расчетной зоны планирования.

² Приведенные затраты не включают дополнительные затраты, связанные с проведением строительных работ на магистральных и межхозяйственных каналах: на устройство отводных каналов, перенос дорог, ЛЭП и т.п.

Прирост КПД магистральной и межхозяйственной оросительной сети расчетной зоны планирования в год n относительно КПД исходного определяется по формуле:

$$\Delta \mathfrak{R}_n^{mb_ec} = \sum_{n=1}^N \mathfrak{R}_n^{mb_ec} . \quad (3.51)$$

Пример расчета КПД магистральной и межхозяйственной оросительной сети приведен в таблице 16.

Предположим, что дополнительные затраты на эксплуатацию магистральной и межхозяйственной оросительной сети после ее модернизации (*бетонирование каналов, реконструкция водораспределительных и водозаборных сооружений, устройства АСУ каналами*) составляют $\beta\%$ (кстати, эта величина для Верхне-Кафирниганской зоны планирования составляет приблизительно 6.2%) от капиталовложений, тогда прирост затрат на эксплуатацию магистральной и межхозяйственной оросительной сети расчетной зоны планирования в год n перспективного расчетного периода относительно эксплуатационных затрат предыдущего года определяется по формуле:

$$\Delta \mathfrak{Z}_n^{mb_ec} = \beta \cdot C_{n-1}^{mb_ec} . \quad (3.52)$$

Таким образом, $\mathfrak{R}_n^{ir_sys}$ - КПД оросительной системы расчетной зоны планирования в год n перспективного расчетного периода определяется по формуле:

$$\mathfrak{R}_n^{ir_sys} = \mathfrak{R}_n^{in_ec} \cdot \mathfrak{R}_n^{mb_ec} , \quad (3.53)$$

где $\mathfrak{R}_n^{in_ec}$ - КПД внутрихозяйственной оросительной сети расчетной зоны планирования в год n ; $\mathfrak{R}_n^{mb_ec}$ - КПД магистральной и межхозяйственной оросительной сети расчетной зоны планирования в год n .

Данная расчетная модель (результаты проведенных численных экспериментов представлены ниже в таблицах 14, 15 и 16) позволяет определять КПД оросительной сети любой выбранной зоны планирования при наличии определенных входных данных. Например, для Верхне-Кафирниганской зоны планирования определены КПД внутрихозяйственной оросительной сети, $\mathfrak{R}_n^{in_ec} = 0.85$, а также КПД магистральной и межхозяйственной оросительной сети, $\mathfrak{R}_n^{mb_ec} = 0.93$. Следовательно, КПД Верхне-Кафирниганской оросительной системы, $\mathfrak{R}_n^{ir_sys} = 0.79$.

Проведенное исследование по выявлению связи между инвестициями и КПД оросительной системы является наиболее важным элементом реабилитации систем орошаемого земледелия. Именно такие инструменты анализа ведения системы водного хозяйства позволяют в дальнейшем наиболее рационально использовать внешние инвестиции для поднятия экономики страны на должный уровень.

Пример расчета КПД внутрихозяйственной оросительной сети и капвложений на его повышения
в Верхне-Кафирниганской зоне планирования

1. Площадь орошаемых земель зоны планирования S_0 : 62660 га
2. Площадь орошаемых земель зоны планирования с внутрихозяйственной оросительной сетью, оснащенной антифильтрационными покрытиями S_{in}^c : 24.6%
3. Площадь орошаемых земель зоны планирования с внутрихозяйственной оросительной сетью без антифильтрационных покрытий S_{in}^b : 75.4%
4. КПД внутрихозяйственной оросительной сети зоны планирования (исходный) $\mathcal{R}_{in}$: 0.7
5. КПД внутрихозяйственной оросительной сети зоны планирования с антифильтрационными покрытиями (исходный) $\mathcal{R}_{aft}^m$: 0.88
6. КПД внутрихозяйственной оросительной сети зоны планирования без антифильтрационными покрытиями (исходный) $\mathcal{R}_{w_c}$: 0.65
7. Средневзвешенные удельные капвложения для повышения КПД внутрихозяйственной сети до 0.85: 2667 US\$/га
8. КПД внутрихозяйственной оросительной сети, получаемой после ее модернизации: 0.85

Показатель	Обозначение	Един.изм	Год перспективного расчетного периода n										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Площадь орошаемых земель зоны планирования, на которой модернизируется оросительная сеть	S_n^m	га	0	2000	5200	5100	10000	11100	3050	3020	3020	4000	0
Тоже нарастающим итогом			0	2000	7200	12300	22300	33400	36450	39470	42490	46490	46490
Капвложения	C_{mb}^k	млн.US\$	0	5.33	13.87	13.60	26.67	29.60	8.13	8.05	8.05	10.67	0
Тоже нарастающим итогом		млн.US\$	0	5.33	19.20	32.80	59.47	89.08	97.21	105.27	113.32	124	
КПД внутрихозяйственной оросительной сети зоны планирования	$\mathcal{R}_{beg}^{in_{ec}}$		0.71	0.71	0.71	0.73	0.75	0.78	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85
Прирост КПД внутрихозяйственной оросительной сети зоны планирования относительно исходного	$\Delta \mathcal{R}_n^{in_{ec}}$		0.01	0.01	0.01	0.03	0.05	0.08	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15
Прирост КПД внутрихозяйственной оросительной сети зоны планирования относительно КПД предыдущего года	$\mathcal{R}_n^{in_{ec}}$		0	0	0.006	0.017	0.016	0.032	0.035	0.010	0.010	0.010	0.010

Пример расчета затрат на эксплуатацию внутрихозяйственной оросительной сети
в Верхне-Кафирниганской зоне планирования.

1. Площадь орошаемых земель зоны планирования - S_0 : 62660 га
2. Площадь орошаемых земель зоны планирования с
внутрихозяйственной оросительной сетью,
оснащенной антифильтрационными покрытиями
(исходный) - S_{in}^c : 24.6%
3. Площадь орошаемых земель зоны планирования с
внутрихозяйственной оросительной сетью без
антифильтрационных покрытий (исходный) - S_{in}^b : 75.4%
4. Затраты на эксплуатацию внутрихозяйственной
оросительной сети без амортизации (исходный) - $\mathfrak{Z}_{beg}^{in_ec}$: 15US\$/га
5. Затраты на эксплуатацию внутрихозяйственной
оросительной сети после ее модернизации (без амортизации) - $\mathfrak{Z}_{aft}^{in_ec}$: 41US\$/га

Показатель	Обозначение	Един. изм.	Год перспективного расчетного периода n										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Площадь орошаемых земель зоны планирования, на которой модернизируется оросительная сеть	S_n^m	га	0	2000	5200	5100	1000	11100	3050	3020	3020	4000	0
То же нарастающим итогом		га	0	2000	7200	12300	22300	33400	36450	39470	42490	46490	46490
Затраты на эксплуатацию внутрихозяйственной оросительной сети зоны планирования	$\mathfrak{Z}_n^{in_ec}$	US\$/га	15	15	15.8	17.87	19.91	23.90	28.33	29.54	30.75	31.95	33.55

Пример расчета КПД магистральной и межхозяйственной оросительной сети в зависимости от капвложений на его повышение в Верхне-Кафирниганской зоне планирования.

1. Исходный КПД магистральной и межхозяйственной

оросительной сети - $\mathfrak{R}_{\text{beg}}^{\text{mb_ec}}$: 0.81

2. Капвложения на повышение КПД магистральной и

межхозяйственной оросительной сети до 0.93 - C_{mb}^k : 100 млн. US\$

3. Прирост КПД магистральной и межхозяйственной

оросительной сети, достигаемый капвложениями - C_{mb}^k : 0.12

Показатель	Обозначение	Единица измерения	Год перспективного расчетного периода n										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Капиталовложения на повышение КПД магистральной и межхозяйственной сети	C_{mb}^k	млн. US\$	0	5	5	15	15	20	20	20			
То же нарастающим итогом			0	5	10	25	40	60	80	100			
Прирост КПД относительно предыдущего года	$\Delta \mathfrak{R}_{\text{c_mb}}^{\text{mb_ec}}$		0	0	0.006	0.006	0.018	0.018	0.024	0.024	0.024	0	0
КПД магистральной и межхозяйственной сети	$\mathfrak{R}_{\text{beg}}^{\text{mb_ec}}$		0.81	0.81	0.816	0.822	0.84	0.858	0.882	0.906	0.93	0.93	0.93
Прирост КПД относительно исходного	$\Delta \mathfrak{R}_n^{\text{mb_ec}}$		0	0	0.006	0.012	0.030	0.048	0.072	0.096	0.12	0.12	0.12

3.4. Модуль расчета коэффициентов стресса культуры

Рассмотрим методику определения коэффициента стресса культуры от дефицита воды и засоленности почв.

Расчет коэффициента стресса культуры из-за дефицита воды. Одним из основных факторов получения высоких урожаев сельскохозяйственных (с/х) культур является наличие поливной воды при условии эффективного его использования с учетом агроклиматических, биологических и физических процессов.

Этот вопрос рассматривался многими научными организациями Центрально-Азиатского региона [Абдусаматов, 1989; Доммулажанов, Сатибалдиев, 1985; Домулложанов, 1992; Литвинов, Гулов, 1980; Пулатов, 1995]. В Республике Таджикистан такими вопросами занимались ТаджикНИИГиМ, НПО Земледелия, НИИ Почвоведения и др. [Доммулажанов, Сатибалдиев, 1985; Домулложанов, 1992; Кутеминский, Леонтьева, 1966; ТаджикНИИГиМ, 1983; ТаджикНИИГиМ. Отчет ..., 1999; ТаджикНИИГиМ. Отчет ..., 1999]. Наиболее значимыми параметрами являются:

- О зависимость урожая с/х культуры от уровня водоподдачи,
- О количественная оценка максимального и фактического урожая,
- О уровень водопотребности сельхозкультур и испытываемый культурой дефицит воды.

Естественно, дефицит воды, испытываемый растением, в результате которого развивается водный стресс, приводит к изменению развития растения, влияя на величину урожая данной сельхозкультур.

Задача заключается в определении коэффициентов стресса определенных сельхозкультур для выбранной зоны планирования, то есть в определении степени влияния на урожай недоподачи воды в различные периоды вегетации культуры.

При определении этих коэффициентов взято за основу следующее соотношение:

$$\frac{\Delta Y_{fact}}{Y_{norm}} = \Psi \left(\lambda_{veg}, 1 - \frac{\Delta W_{fact}}{W_{norm}} \right), \quad (3.54)$$

где ΔY_{fact} - потери урожая от фактической недоподачи воды (ц/га); Y_{norm} - нормативный урожай (ц/га); ΔW_{fact} - недоподачи воды для культуры за вегетацию по сравнению с нормативной

водоподачей ($\text{м}^3/\text{га}$); W_{norm} - нормативная водоподача для культуры за вегетацию ($\text{м}^3/\text{га}$); λ_{veg} - показатель стресса культуры за вегетацию.

Коэффициент стресса культуры рассчитывается для всего вегетационного периода следующим образом:

- О собираются, и анализируются имеющиеся данные полевых исследований по корреляции между потерями урожая и водоподачей в пределах:

$$0,5 \leq 1 - \frac{\Delta W_{\text{fact}}}{W_{\text{norm}}} \leq 0,9$$

для каждой основной культуры, выращиваемой в зоне планирования.

- О на основе этих данных необходимо сформировать следующую зависимость:

$$\frac{\Delta Y_{\text{fact}}}{Y_{\text{norm}}} = a \cdot \left(1 - \frac{\Delta W_{\text{fact}}}{W_{\text{norm}}} \right) + b, \quad (3.55)$$

где a и b – это коэффициенты, определенные на основе полевых исследований для каждой культуры.

- О используя полученные коэффициенты a и b для каждого заданного значения $\left(1 - \frac{\Delta W_{\text{fact}}}{W_{\text{norm}}} \right)$ из интервала $(0,5; 0,9)$, получим значение недополученного урожая $\frac{\Delta Y_{\text{fact}}}{Y_{\text{norm}}}$. Тогда стрессовый коэффициент будет равен

$$\lambda_{\text{veg}} = \frac{\left(\frac{\Delta Y_{\text{fact}}}{Y_{\text{norm}}} \right)}{\left(1 - \frac{\Delta W_{\text{fact}}}{W_{\text{norm}}} \right)} \quad (3.56)$$

При решении задачи по определению коэффициентов стресса культур были использованы многолетние натурные наблюдения [Доммулажанов, Сатибалдиев, 1985; ТаджикНИИГиМ. Отчет ..., 1983]. В результате обработки данных были получены (таблица 17) зависимости для определения стрессовых коэффициентов за период вегетации для сельхозкультур.

Величины отношений фактических и нормативных урожаев, недоподачи воды к нормативной водоподаче брались в долях единицы, а значение $1 - \Delta W_{fact} / W_{norm}$ рассматривалось в пределах

$$0.5 \leq 1 - \frac{\Delta W_f}{W_n} \leq 0.9,$$

т.е. в случаях недоподачи воды от 10 до 50% от нормативной водоподачи.

Полученные стрессовые коэффициенты для рассматриваемых сельхозкультур за период вегетации при различной водообеспеченности приведены в таблице 18.

Расчет коэффициента стресса культуры от засоленности почв. Негативное воздействие засоления почв на развитие сельскохозяйственных культур и их урожайности зависит, главным образом, от концентрации токсичных (легкорастворимых) солей в почвенном растворе.

Таблица 17

Регрессионные уравнения для
определения коэффициентов стресса для зоны планирования

Культура	Вид уравнения	Коэф. коррел.
Каратаг-Ширкентская ЗП		
Хлопчатник (сред.)	$\Delta Y_{fact} / Y_{norm} = -0.644 \cdot (1 - \Delta W_f / W_n) + 0.671$	0.87
Люцерна	$\Delta Y_{fact} / Y_{norm} = -1.041 \cdot (1 - \Delta W_f / W_n) + 1.013$	0.99
Кукуруза (силос)	$\Delta Y_{fact} / Y_{norm} = -0.978 \cdot (1 - \Delta W_f / W_n) + 0.931$	0.98
Озимая пшеница	$\Delta Y_{fact} / Y_{norm} = -1.158 \cdot (1 - \Delta W_f / W_n) + 1.062$	0.97
Овощи	$\Delta Y_{fact} / Y_{norm} = -1.013 \cdot (1 - \Delta W_f / W_n) + 0.952$	0.98
Сады	$\Delta Y_{fact} / Y_{norm} = -0.856 \cdot (1 - \Delta W_f / W_n) + 0.782$	0.85
Нижне-Кафирниганская ЗП		
Хлопчатник (сред.)	$\Delta Y_{fact} / Y_{norm} = -0.651 \cdot (1 - \Delta W_f / W_n) + 0.680$	0.88
Хлопчатник (тонк.)	$\Delta Y_{fact} / Y_{norm} = -0.655 \cdot (1 - \Delta W_f / W_n) + 0.688$	0.89
Люцерна	$\Delta Y_{fact} / Y_{norm} = -1.042 \cdot (1 - \Delta W_f / W_n) + 1.018$	0.98
Кукуруза (силос)	$\Delta Y_{fact} / Y_{norm} = -0.976 \cdot (1 - \Delta W_f / W_n) + 0.934$	0.97
Озимая пшеница	$\Delta Y_{fact} / Y_{norm} = -1.166 \cdot (1 - \Delta W_f / W_n) + 1.071$	0.98

В почвах Средней Азии [Кутеминский, Леонтьева, 1966] содержатся преимущественно токсичные соли (ионы) Cl , SO_4 , Na , Mg , CO_3 , HCO_3 . Концентрация токсичных солей в почвенном

растворе определяется в основном их содержанием, механическим составом и влажностью почвы.

Данные о стрессовых коэффициентах для хлопчатника, люцерны, кукурузы и др. в зависимости от концентрации токсичных солей в почвенном растворе (типы засоления: хлоридно-сульфатный и сульфатный) в среднем за вегетацию и при влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости, представлены в таблице 19. Эти данные получены путем обобщения материалов опытных исследований [Домулложанов, 1992; Кутеминский, Леонтьева, 1966; Литвинов, Гулов, 1980; ТаджикНИИГиМ. Отчет ..., 1983] и могут быть использованы при хлоридно-сульфатном и сульфатном типах засоления. Пшеница менее солеустойчива, чем хлопчатник, но более солеустойчива, чем люцерна и кукуруза. В связи с этим стрессовые коэффициенты для пшеницы определены путем интерполяции соответствующих коэффициентов для хлопчатника и люцерны с кукурузой (табл. 19).

Таблица 18

Стрессовые коэффициенты.

Каратаг-Ширкентская зона планирования												
Водо-обес-ть	Хлопок		Люцерна		Озимая пшеница		Кукуруза (силос)		Овоши		Сады	
	(средневол)											
	Потери	Козф.	Потери	Козф.	Потери	Козф.	Потери	Козф.	Потери	Козф.	Потери	Козф.
в дол.ед.	урожая	стресса	урожая	стресса	урожая	стресса	урожая	стресса	урожая	стресса	урожая	стресса
0.9	0.091	0.102	0.076	0.085	0.020	0.022	0.051	0.056	0.040	0.045	0.012	0.013
0.8	0.156	0.195	0.180	0.225	0.136	0.170	0.149	0.186	0.142	0.177	0.097	0.122
0.7	0.220	0.315	0.284	0.406	0.251	0.359	0.246	0.352	0.243	0.347	0.183	0.261
0.6	0.285	0.474	0.388	0.647	0.367	0.612	0.344	0.574	0.344	0.574	0.268	0.447
0.5	0.349	0.698	0.493	0.985	0.483	0.966	0.442	0.884	0.446	0.891	0.354	0.708

Нижне – Кафирниганская зона планирования										
Водо-обес-ть	Хлопок		Хлопок		Озимая пшеница		Кукуруза (силос)		Люцерна	
	(средневол)		(тонковол)							
	Потери	Козф.	Потери	Козф.	Потери	Козф.	Потери	Козф.	Потери	Козф.
в дол.ед.	урожая	стресса	урожая	стресса	урожая	стресса	урожая	стресса	урожая	стресса
0.9	0.094	0.105	0.098	0.109	0.022	0.024	0.056	0.062	0.080	0.089
0.8	0.159	0.199	0.164	0.205	0.138	0.173	0.153	0.192	0.184	0.231
0.7	0.224	0.320	0.230	0.328	0.255	0.364	0.251	0.358	0.289	0.412
0.6	0.289	0.482	0.295	0.492	0.371	0.619	0.348	0.581	0.393	0.655
0.5	0.355	0.709	0.361	0.721	0.488	0.976	0.446	0.892	0.497	0.994

Таблица 19.

Сельскохозяйственная культура	Концентрация токсичных солей в почвенном растворе при					
	0	2	4	10	20	30
Хлопчатник	1	1	1	0.78	0.33	0
Люцерна, кукуруза	1	1	0.9	0.56	0	0
Пшеница	1	1	0.95	0.67	0.17	0
Овощи (капуста, томаты, лук, огурцы)	1	0.96	0.82	0.31	0	0
Виноград	1	0.95	0.82	0.38	0	0
Фруктовые (яблоня, абрикос, слива, персик, груша)	1	0.92	0.64	0	0	0

Стрессовые коэффициенты в зависимости от концентрации токсичных солей.

Стрессовые коэффициенты для овощей, винограда, фруктовых (табл. 19) получены путем интерполяции на основе данных о солеустойчивости этих культур относительно люцерны. Стрессовые (понижающие) коэффициенты, полученные путем интерполяции на основе данных таблицы 19, приведены в таблице 20.

Таблица 20

Стрессовые (понижающие) коэффициенты.

Концентрация токсичных солей в почвенном растворе, г/л ^{*)}	Хлопчатник	Пшеница	Люцерна, кукуруза	Овощи	Виноград	Фруктовые
0	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	0.96	0.95	0.92
4	1	0.95	0.9	0.82	0.82	0.64
6	0.92	0.857	0.786	0.65	0.674	0.426
8	0.85	0.763	0.673	0.48	0.527	0.213
10	0.78	0.67	0.56	0.31	0.38	0
12	0.69	0.57	0.448	0.248	0.304	
14	0.6	0.47	0.336	0.186	0.228	

16	0.51	0.37	0.224	0.124	0.152	
18	0.42	0.27	0.112	0.062	0.076	
20	0.33	0.17	0	0	0	
22	0,264	0,1				
24	0.198	0.03				
26	0.132	0				
28	0.066	0				
30	0	0				

*) при влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости.

Графики связи стрессовых коэффициентов с концентрацией токсичных солей в почвенном растворе при влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости, приведены на рисунках 32-34.

Концентрация легкорастворимых солей зависит от ряда показателей, которые специфичны для каждой зоны планирования:

$$C = \frac{S \cdot 1000 \cdot K_o}{M_n - M_g}, \quad (3.57)$$

где: C - концентрация легкорастворимых солей в почвенном растворе (верхний метровый слой) в среднем за вегетацию при влажности почвы, соответствующей наименьшей влагоемкости; S - содержание солей в почве (верхний метровый слой) из водной вытяжки (плотный остаток) в среднем за вегетацию в % от массы сухой почвы; K_o - коэффициент доли легкорастворимых солей в плотном остатке; M_n - наименьшая влажность почвы, в % от массы почвы; M_g - гигроскопическая влага почвы, в % от массы почвы.

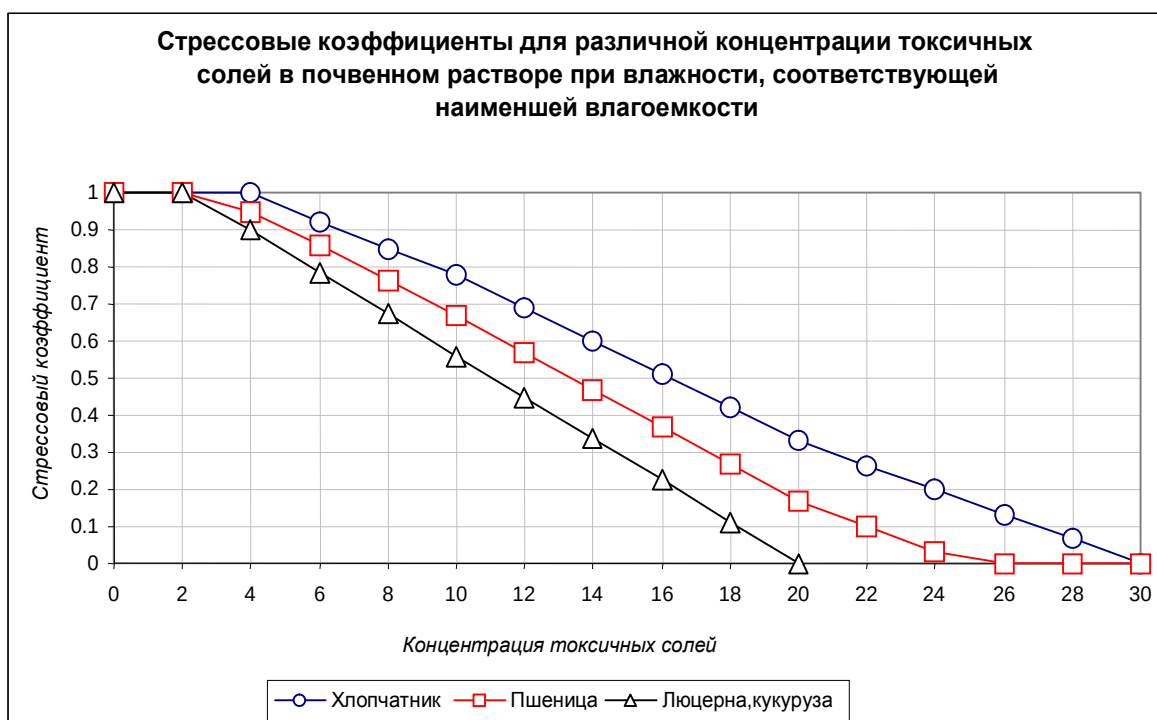


Рис.32. Стрессовые коэффициенты для хлопчатника, пшеницы и люцерны.

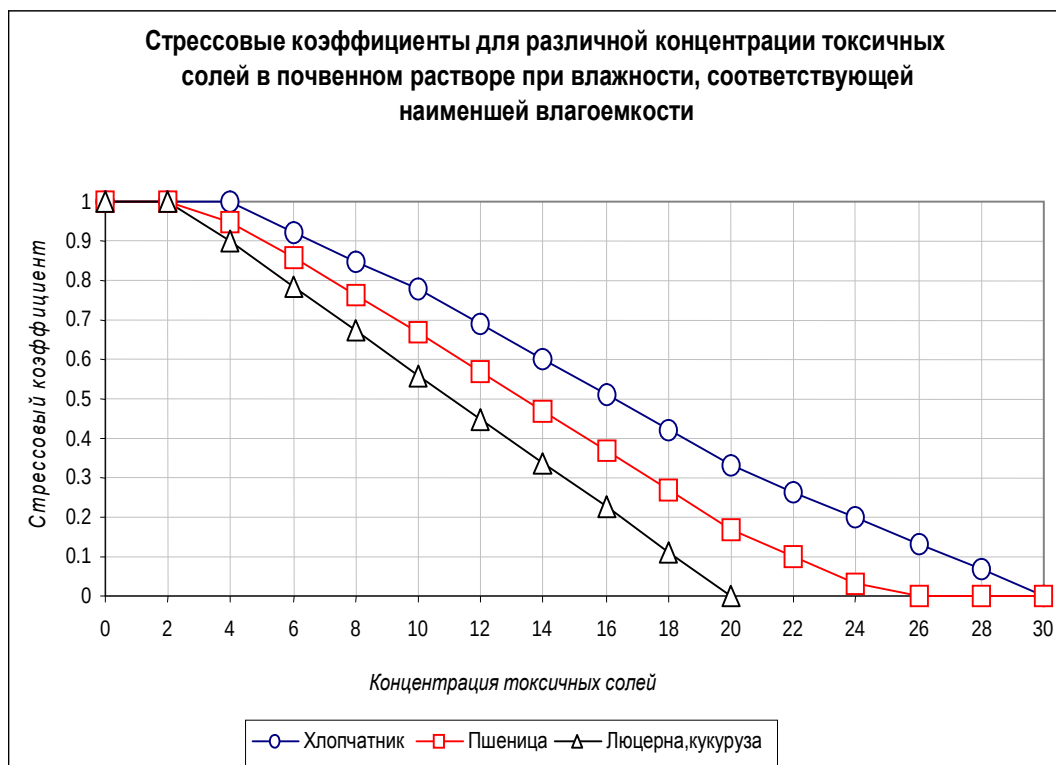


Рис.33. Стрессовые коэффициенты для овощей, винограда и фруктов.

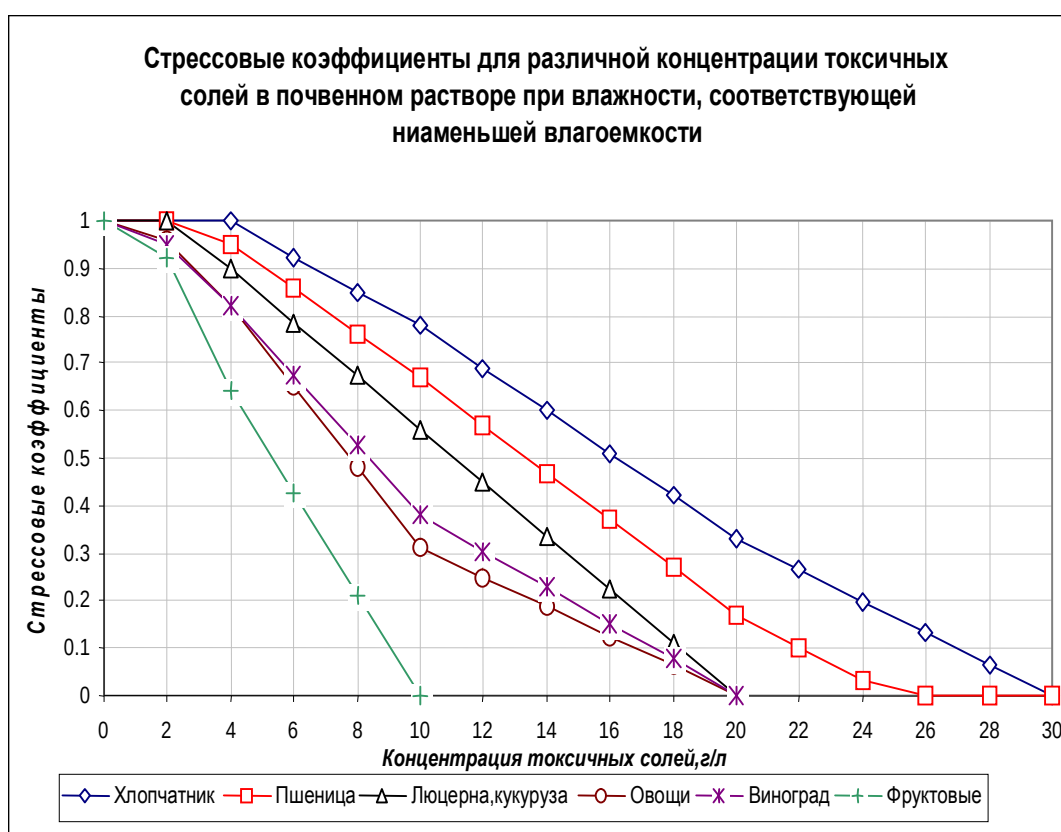


Рис.34. Стрессовые коэффициенты для хлопчатника, пшеницы, люцерны, овощей, винограда и фруктов.

Итак, для каждой зоны планирования необходимо имеет следующие данные:

- площадь орошаемых земель, дифференцированная соответственно водопроницаемости верхнего слоя почвы (1 м), %:
 - с высокой водопроницаемостью (пески, песчаные суглинки);
 - со средней водопроницаемостью (средние суглинки);
 - с низкой водопроницаемостью (тяжелые суглинки, глина).
- коэффициент доли вредных легкорастворимых солей в плотном остатке K_o (должен быть получен на основе анализа данных исследований касательно верхнего слоя - 1 м засоленных почв);
- Содержание солей в почве S (например, для хлоридно-сульфатного и сульфатного типов засоления эти величины определены в [Ваксман,1982; Васильчикова,1982]) согласно представленной классификации земель по степени засоления.

Известны данные о том, что чувствительность растений к засолению почв неодинакова в различные фазы вегетации [Ваксман, 1982]. Однако таких данных в настоящее время недостаточно, чтобы установить стрессовые коэффициенты для основных сельхозкультур в зависимости от засоления почв (концентрации токсичных солей в почвенном растворе) в различные фазы вегетации.

По-видимому, при дальнейшем развитии модели зоны планирования можно будет, с использованием данных специальных экспериментальных исследований, установить стрессовые коэффициенты для основных сельхозкультур в зависимости от засоления почв в различные фазы вегетации.

Для определения стрессовых коэффициентов использована среднемесячная за вегетационный период концентрация токсичных солей в почвенном растворе при влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости. В принципе, такой подход позволяет учитывать закономерность изменения концентрации токсичных солей в почвенном растворе за вегетационный период.

На основе данной методики получены стрессовые коэффициенты для рассматриваемых сельхозкультур за период вегетации при различных уровнях засоленности почв.

По комплексу показателей вся территория республики разделена на шесть природно-хозяйственных областей (ПХО): Согдийская, Гиссарская, Вахшская, Кулябская, Гармская, Горно-Бадахшанская. Рассматриваемая Каратаг-Ширкентская зона планирования входит в Гиссарскую ПХО, а Нижне-Кафирниганская - в Вахшскую ПХО.

На основании фактического материала [Доммулажанов, Сатибалдиев, 1985; Повышения эффективности ..., 1989] для орошаемой территории Таджикистана составлена шкала, состоящая из 10 гидромодульных районов. По данным экспедиции крупномасштабного агропочвенного картирования проектного института “Тад-жикгипрозем” [Домулложанов, 1992; Кутеминский, Леонтьева, 1966; Шодиев, Земан, 1985], выделены площади гидромодульных районов с характеристикой типов, подтипов почв и минерализацией грунтовых вод для хлопкосеющей зоны республики. В итоге составлена новая шкала распределения орошаемых земель Республики Таджикистан по гидромодульным районам.

Площадь орошаемых земель Каратаг-Ширкентской зоны планирования, дифференцированная соответственно водопроницаемости верхнего слоя почвы (1м), %, составляет [Домулложанов, 1992]:

- ° с высокой водопроницаемостью (пески, песчаные суглинки) - 5.25%;
- ° со средней водопроницаемостью (средние суглинки) - 12.34%;
- ° с низкой водопроницаемостью (тяжелые суглинки, глина) – 82.41%.

При этом значение $M_m - M_g = 17.2$, где M_m - наименьшая влажность почвы, в % от массы почвы; M_g - гигроскопическая влага почвы, в % от массы почвы [Кутеминский, Леонтьева, 1966].

Площадь орошаемых земель Нижне-Кафирниганской зоны планирования, дифференцированная соответственно водопроницаемости верхнего слоя почвы (1м), %, составляет [Ваксман, 1976; Шодиев, Земан, 1985]:

- с высокой водопроницаемостью (пески, песчаные суглинки) - 6.81%;
- со средней водопроницаемостью (средние суглинки) - 43.88%;
- с низкой водопроницаемостью (тяжелые суглинки, глина) - 49.31%,

при этом значение $M_m - M_g = 18.9$.

По данным почвенных исследований ТаджикНИИГиМ, для Кулябской ПХО коэффициент доли вредных легкорастворимых солей в плотном остатке $K_0 \approx 0.35$. [Шодиев, Земан, 1985].

Почвы Нижне-Кафирниганской зоны планирования подвержены засолению, а именно (в % от общей орошаемой площади):

- незасоленные земли - 77.2%
- слабозасоленные земли - 11.8%
- среднезасоленные земли - 8.0%
- сильнозасоленные земли – 3.0%,

тип засоления - хлоридно-сульфатный. Следовательно, показатель содержания солей в почве - S составляет [Шодиев, Земан, 1985]:

- на незасоленных землях - 0,2%
- на слабозасоленных землях - 0,39%
- на среднезасоленных землях - 0,68%
- на сильнозасоленных землях – 1.2%.

Мы использовали зависимости между коэффициентами стресса для засоленных почв K_0 и S для хлопка, пшеницы, кукурузы на силос и люцерны.

В базе данных информационной системы имеются данные о степени засоленности почвы по всем районам республики (для Нижне-Кафирниганской зоны планирования, см. таблицу 21).

Таблица 21

Степень засоленности почвы.

Наименование района	Степень засоленности(тыся.га)				Общая площадь
	незасоленные	слабозасоленные	среднезасоленные	сильнозасоленные	
Кабадиянский	22.341/93.8	1.358/5.7	0.119/0.50	0/0	23.818
Шааритузский	8.381/53	3.795/24	2.688/17	0.950/6	15.814
Бешкентский	9.965/76	1.049/8	1.442/11	0.656/5	13.112
В знаменателе указаны значения в % от общей орошаемой площади.					

Основные культуры, выращиваемые в Нижне-Кафирниганской зоне планирования, представлены в таблице 22. Стрессовые коэффициенты этих культур приведены в таблице 23.

Таблица 22

Основные культуры выращиваемые в зоне планирования.

Наименование культуры	Степень засоления почвы (в %)			
	незасоленные	слабозасоленные	среднезасоленные	сильнозасоленные
Хлопок	72	20.2	5.3	2.5
Пшеница	89	7.3	2.2	1.5
Люцерна	85	8	5	2
Кукуруза (силос)	81	11	7	1

Таблица 23

Стрессовые коэффициенты культур

Наименование культуры	Стрессовые коэффициенты (по типам засоления)				Средне-взвешенный стресс.коэф.
	незасоленные	слабозасоленные.	среднезасоленные	сильнозасоленные	
Хлопок	1.0	0.88	0.65	0.26	0.94
Пшеница	0.97	0.79	0.53	0.11	0.93
Кукуруза (сил)	0.95	0.72	0.40	0.0	0.89
Люцерна	0.95	0.72	0.40	0.0	0.88

3.5. Модуль расчета потенциальной урожайности

Рассмотрим алгоритмы расчета как максимально-возможного, так и потенциально-возможного уровня урожая сельскохозяйственных культур в выбранной зоне планирования.

I. Для расчета максимально-возможной продуктивности воспользуемся формулой А.А. Ничипоровича [Ничипорович,1965]

$$\mathcal{R}_{\max} = \frac{Q_{far}}{q} \cdot \sigma \cdot r, \quad (3.58)$$

где $\mathcal{R}_{\max}$ - максимально-возможный урожай; Q_{far} - суммарный приход фотоактивной радиации за вегетацию, ккал/см²; q - калорийность урожая, ккал; r - КПД фотосинтеза; σ - коэффициент перехода от фитомассы к урожаю.

Величина Q_{far} рассчитывается по среднемноголетним значениям фотосинтетически активной радиации (ккал/см²) в пределах зоны планирования (Таблица 24). Для удобства определения Q_{far} подготовлена таблица 25, где по длительности вегетационного периода рассчитан приход Q_{far} для основных культур зоны планирования.

Таблица 24

Расчет величины Q_{far}

	Месяцы											
Общности	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Термальная	3.37	4.3	6.63	7.88	9.2	8.96	9.0	8.08	6.65	5.33	3.58	3.02

Таблица 25

Приход Q_{far} для основных культур.

Наименование климатической общности	Наименование зоны планирования	Наименование культур	Сроки вегетации (среднемноголетние)		Приход ФАР за вегетацию (ккал/см ²)
			дата сева	дата уборки	
Термальная	Верхне-Кафирниганская	Хлопчатник	01-15.04	30.10-15.11	49.2
		Озимая пшеница	20-30.10	20.06-10.07	38.9
		Кукуруза на	10-25.04	10-15.09	69.5

		силос			
		Люцерна	1.03 - 1.11	1-15.11	56.9
		Овощи	25.04- 10.05	24.09	36.8
		Сады	15.03- 01.04	25.10	18.5

Биологические коэффициенты для указанных культур приведены в таблице 26, где q - калорийность урожая (ккал/г), r – коэффициент полезного действия фотосинтеза (%), σ - коэффициент перехода от фитомассы к урожаю при конкретной влажности конечного продукта.

Потенциальный уровень урожая рассчитывается по формуле:

$$\mathfrak{I}_{pot} = \mathfrak{R}_{max} \cdot \eta_{bon}, \quad \text{где} \quad (3.59)$$

$$\eta_{bon} = \kappa_{bal} \cdot \lambda_{gum}, \quad (3.60)$$

κ_{bal} - основной балл бонитета; λ_{gum} - понижающий коэффициент на содержание гумуса в почве.

Таблица 26

Биологические коэффициенты.

Культура	Калорийность урожа, ккал/г q	КПД фотосинтеза, % r	Коэффициент перехода от фитомассы к урожаю, σ	Продукт
Хлопчатник	4.8	3.5	0.2	хлопок-сырец
Пшеница (озимая)	4.5	2.5	0.46	зерно
Кукуруза (на силос)	4.2	2.52	0.48	зеленая масса
Люцерна	4.8	4.0	0.85	сено
Овощи	4.5	3.2	0.75	зеленая масса
Сады	4	2.5	0.45	плоды

Основной балл бонитета κ_{bal} определяется на основе данных, представленных в таблице 27. Для этого используется информация,

содержащаяся в ведомости почвенно-мелиоративных условий выбранной зоны планирования.

Механический состав почвы оценивается только по числителю (таблица 27), для чего в таблице 28 по оценочному номеру выбирается соответствующий механический состав почвы.

Таблица 27

Данные для определения K_{bal}

Мощность мелкоземистого слоя, (м)		Пустынная зона Механический состав почвы					
от	до	песч.	супесч.	л.сугл.	ср.сугл.	т.сугл.	глина.
Автоморфные (УГВ > 3 м)							
0	0.2	<u>0.10</u>	<u>0.20</u>	<u>0.30</u> 0.20	<u>0.35</u> 0.30	<u>0.40</u> 0.35	<u>0.40</u> 0.35
0.2	0.5	<u>0.17</u>	<u>0.25</u>	<u>0.35</u> 0.30	<u>0.40</u> 0.37	<u>0.45</u> 0.45	<u>0.50</u> 0.47
0.5	1	<u>0.52</u>	<u>0.60</u>	<u>0.70</u> 0.67	<u>0.70</u> 0.77	<u>0.70</u> 0.80	<u>0.72</u> 0.72
1	2	<u>0.70</u>	<u>0.90</u>	<u>1.00</u> 0.90	<u>0.95</u> 1.00	<u>0.85</u> 0.90	<u>0.70</u> 0.80
Гидроморфные (УГВ = 1 – 2 м)							
0	0.2	<u>0.20</u> 0.20	<u>0.25</u> 0.25	<u>0.30</u> 0.35	<u>0.35</u> 0.40	<u>0.40</u> 0.35	<u>0.40</u> 0.30
0.2	0.5	<u>0.27</u> 0.25	<u>0.32</u> 0.32	<u>0.40</u> 0.42	<u>0.45</u> 0.45	<u>0.50</u> 0.45	<u>0.45</u> 0.45
0.5	1	<u>0.70</u> 0.45	<u>0.80</u> 0.65	<u>0.87</u> 0.75	<u>0.75</u> 0.82	<u>0.70</u> 0.75	<u>0.62</u> 0.62
1	2	<u>0.85</u> 0.50	<u>1.00</u> 0.85	<u>1.00</u> 0.90	<u>0.90</u> 1.00	<u>0.80</u> 0.85	<u>0.60</u> 0.60
Полугидроморфные (УГВ = 2 – 3 м)							
0	0.2	<u>0.15</u> 0.10	<u>0.22</u> 0.12	<u>0.30</u> 0.27	<u>0.35</u> 0.35	<u>0.40</u> 0.35	<u>0.40</u> 0.32
0.2	0.5	<u>0.22</u> 0.12	<u>0.28</u> 0.16	<u>0.37</u> 0.36	<u>0.42</u> 0.41	<u>0.47</u> 0.45	<u>0.47</u> 0.46
0.5	1	<u>0.52</u> 0.22	<u>0.60</u> 0.32	<u>0.70</u> 0.71	<u>0.70</u> 0.80	<u>0.70</u> 0.77	<u>0.72</u> 0.67

1	2	$\frac{0.77}{0.25}$	$\frac{0.95}{0.42}$	$\frac{1.00}{0.90}$	$\frac{0.92}{1.00}$	$\frac{0.82}{0.87}$	$\frac{0.65}{0.70}$
---	---	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------

Понижающий коэффициент на содержание в почве гумуса (λ_{gum}) определяется по сведениям из ведомости почвенно-мелиоративных условий (колонка 7, табл.27, где приведены данные по запасам гумуса в т/га), а затем определяется значение λ_{gum} по таблице 29.

Таблица 28

Механический состав почвы

Оценочный номер	Наименование механического состава почвы (по Н.А. Качинскому)	Содержание частиц < 0.01 мм, %
1	глинистый	> 60
2	тяжелосуглинистый	45 – 60
3	среднесуглинистый	30 - 45
4	легкосуглинистый	20 – 30
5	супесчаный	10 – 20
6	песчаный	1 – 10
7	галечник	0

В конечный результат можно ввести поправку на скороспелость сорта. Величина потенциально возможного урожая (ПВУ) рассчитана для среднеспелых сортов. Для скороспелого сорта следует снизить ПВУ на 10% ($\mathfrak{Z}_{pot} - 10\%$), для позднеспелых сортов величину ПВУ следует увеличить на 8% ($\mathfrak{Z}_{pot} + 8\%$).

Таблица 29

Данные для определения λ_{gum}

Градация почв по запасам гумуса, т/га	Понижающий коэффициент (λ_{gum})
< 30	0.50
31 – 45	0.55
46 – 65	0.65
66 – 85	0.75
86 – 105	0.85
106 – 125	0.95
> 125	1.0

Таким образом, вся работа по изложенной методике включает выполнение следующих этапов:

- ☐ оцифровку почвенных карт (в среде GIS, с использованием специального программного обеспечения Arc Info и Arc View), масштабом 1:20000, специально подготовленных для зоны планирования;
- ☐ подготовку базы данных по почвам в формате MS Excel для вышеуказанных почвенных карт, представляющих необходимую информацию для расчета потенциально возможного урожая основных культур;
- ☐ наложение почвенных карт с другими покрытиями, привязка почвенных карт к базе данных и подготовка статистических данных по почвам;
- ☐ расчет активной радиации фотосинтеза для зоны планирования;
- ☐ расчет потенциальной урожайности, основанной на средних климатических и почвенных условиях.

Что касается подготовки базы данных, то была адаптирована база данных в формате MS Excel в формат MS Access, для чего атрибутивные данные были перезаписаны в формате MS Access, то есть подготовлена специальная таблица Ground, которая является основной таблицей при вычислении максимально возможного урожая сельскохозяйственных культур.

Получена потенциальная урожайность основных культур, осредненная для зоны планирования. Влияния типа почв и климатической зоны было принято в расчет. Метод, используемый для расчета потенциальной урожайности, был запрограммирован в среде MS Access [Джен, 2000], результаты расчета представлены в таблицах 30 и 31.

Таблица 30

Максимально возможный уровень урожая

Культура	Q_{far} , ккал/см ²	q , ккал/г	r , КПД фото- синтеза	σ , коэф- фициент перехода	$\mathcal{R}_{max}$, ц/га
Верхне-Кафирниганская зона планирования					
Сады	18.5	4	2.5	0.45	52.03
Люцерна	56.9	4.8	4	0.85	403.04
Овощи	36.8	4.5	3.2	0.75	196.27

Кукуруза на силос, весенняя	69.5	4.6	3.52	0.85	452.05
Пшеница озимая	38.9	4.5	2.5	0.46	99.41
Хлопок (средневолокнистый)	49.2	4.8	3.5	0.2	71.75

Примечание: $\mathfrak{R}_{\max} = (Q_{\text{far}} * 10^8 * r * \sigma) / (q * 10^7) - \text{ц/га}$.

Таблица 31

Потенциальный уровень урожая

Культура	$\mathfrak{Z}_{\text{pot}}$, ц/га
Верхне-Кафирниганская зона планирования	
Сады	38
Люцерна	298
Овощи	145
Кукуруза на силос, весенняя	334
Пшеница озимая	73
Хлопок (средневолокнистый)	53

Часть IV

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ

Г л а в а 4

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Данная глава монографии посвящена разработке информационной системы по рациональному управлению водными ресурсами речных бассейнов с использованием географической информационной системы (ГИС). Особое место среди обслуживающего программного обеспечения математических моделей водопользования занимают ГИС. Выделение ГИС среди иных систем накопления и управления информацией обусловлено их ориентацией на пространственно-координационные данные, а также возможностями сбора, хранения, увязки и обработки этих данных в стандартизированном формате, обеспечением выдачи информации пользователю в наиболее удобной для него форме (карты, схемы, таблицы и т.п.). Разработка геоинформационной системы проводится на примере водных ресурсов речных бассейнов Республики Таджикистан, включая трансграничные бассейны рек Сырдарьи и Амударьи.

4.1. Информационная система речного бассейна Роль информации и информационной системы в водном хозяйстве

Использования водных ресурсов. Роль воды и водной энергии в развитии любого государства трудно переоценить. Современное производство связано с широким использованием воды. Пресная вода интенсивно используется сельским хозяйством, промышленностью и коммунально-бытовыми организациями городов и населенных пунктов.

Средний годовой сток, формирующийся на территории Таджикистана, составляет 51.7 км^3 или 44% от среднего годового стока, формирующегося в границах территории Центрально-Азиатских государств.

Республика Таджикистан, как и вся Центральная Азия, относится к аридной зоне. Несмотря на это Таджикистан имеет высокую водообеспеченность. Если средний поверхностный сток с 1 км^2 территории по бывшему Советскому Союзу составлял 197

тыс. м³/год, а по Средней Азии в целом 91 тыс. м³/год, то в Таджикистане этот показатель равен 354 тыс. м³/год.

По данным государственного учёта использования воды [Материалы проекта ВАРМАП-1, проект 2а ..., 1995], в республике в 1990 году из природных водных объектов забрано на нужды народного хозяйства 13662 млн.м³ поверхностных вод, в том числе в таджикской части бассейна Сырдарьи - 3298 млн.м³. Из общего объема на нужды сельского хозяйства приходится 12734 млн.м³., промышленности - 594.02, коммунальные нужды - 374.28 млн.м³.

Из забранного объема использовано в 1990 году на орошаемое земледелие - 11764.43 млн.м³. Основным водопотребителем в республике является сельское хозяйство - 89.8%.

Казалось бы, речной воды в Таджикистане много, однако из общего территориального стока республики 51.7 км³ используется лишь порядка 13.7 км³. Остальная часть полностью разбирается в республиках Узбекистан, Туркмения, Казахстан и часть поступает в Аральское море.

В связи с исчерпанием водных ресурсов рек бассейна Аральского моря, сток их по сложившемуся водопотреблению распределен между республиками Центральной Азии и Казахстаном Протокольными решениями НТС Минводхоза бывшего СССР от 03.12.1987 г. N566 и от 07.1984 г. N41-413 [Материалы проекта ВАРМАП-1..., 1995; WARMAP, European Commission..., 1995]. Таджикистану по данным соглашениям выделены водные ресурсы объемом 14.3 км³, из них:

- в бассейне Амударьи - 10.63 км³,
- в том числе на орошение - 7.92 км³,
- в бассейне Сырдарьи - 3.66 км³,
- в том числе на орошение - 3.17 км³.

Особенностью водных ресурсов Таджикистана является то, что при общем избытке речного стока, начиная с 1970 года ощущается дефицит воды на орошение Кулябской области, Гиссарской долины и бассейна р. Кафирниган. В летний период вода полностью разбирается на орошение.

Возникла проблема малых речных бассейнов, которые в ряде районов республики стали определяющими в решении водообеспечения орошаемого земледелия и водоснабжения. К таким рекам относятся:

- в Согдийской области - Исфара, Ходжабакирган, Аксу, Исфана, Каттасай, Даганасай, Шахристансай;
- в Центральном Таджикистане - Варзоб, Лучоб, Ханака, Каратаг, Ширкент, Ильяк;
- в Хатлонской области - Яхсу, Кызылсу, Кафирниган.

На территории Таджикистана отсутствуют бессточные котловины или мертвые водохранилища, в которые сбрасывались бы после орошения отработанные воды. С учетом этого фактора по безвозвратным потерям в республике используется менее 10% располагаемых водных ресурсов Аральского бассейна.

Между тем проблема использования водных ресурсов в бассейнах трансграничных рек Сырдарьи и Амударьи приобретает напряженный характер, так как государства, территориально прилегающие к бассейну этих рек, имеют собственные стратегии водопользования, которые ориентированы на развитие национальной экономики. Для повышения эффективности управления водными ресурсами бассейна рек Сырдарьи и Амударьи были созданы Бассейновые водохозяйственные объединения "Сырдарья" и "Амударья" (БВО). Их основная задача сконцентрировалась на обеспечение установленных лимитов водоподачи, эксплуатацию водозаборных сооружений, соблюдение природоохранных требований, осуществление мероприятий по экономии воды и контролю ее качества.

Однако большинство гидропостов имеют устаревшее оборудование, позволяющее проводить измерения не чаще двух раз в сутки с недостаточной точностью, а измерения качества воды носят эпизодический характер. Система передачи данных, как правило, устарела и осуществляется на бумажных носителях, не обеспечивая своевременного получения информации. Между тем, одним из факторов, напрямую связанных с управлением водными ресурсами, является оперативность получения достоверных данных, в первую очередь гидрометрической информации. Все это порождает определенные трудности при оценке использования водных ресурсов и планировании стратегии водопользования в указанных речных бассейнах.

В этой связи важным этапом в совершенствовании управления бассейном является разработка и внедрение информационной системы с соответствующей базой данных. База данных должна содержать полные сведения о наличии и использовании водных ресурсов за многолетний период, фактические данные о

ежедневных расходах и уровнях воды по всем гидротехническим сооружениям, объемах воды в водохранилищах и другие данные, связанные с энергетическим потенциалом каскада ГЭС.

Параллельно с развитием информационно-аналитической системы должно осуществляться внедрение автоматизированных радиотелеметрических систем, что способствует повышению оперативности вододеления, точности водоподачи и оперативности водоучета по сравнению с применявшимися традиционными "ручными" методами. Кроме того, водоучет, основанный на современных электронных средствах получения, хранения и передачи информации, практически исключает сомнения в правильности вододеления между государствами трансграничного бассейна.

4.2. Блочно-иерархическая структура информационной системы

Системный подход. Водные ресурсы и их эффективное использование играют главную роль в социально-экономическом развитии и формировании экологической обстановки в каждом государстве. Поэтому роль информации для решения указанной проблемы в современных условиях и в будущем огромна. Она имеет спрос, и ценность ее будет расти.

Информация по учету, развитию, планированию и использованию водных и связанных с ними земельных и природных ресурсов собирается, обрабатывается и используется различными ведомствами – Министерством мелиорации и водных ресурсов, Министерством сельского хозяйства, Министерством энергетики, Министерством природных ресурсов, Министерством геологии и т.д.

Разобщенность данных, их нестыковка приводила и продолжает приводить к “информационному дефициту”, который не позволяет оценивать сложившуюся в республике ситуацию по использованию водных и земельных ресурсов. Общий экономический спад и разрыв прежних распределительных схем привели к серьезному ухудшению качества информационной инфраструктуры, сокращению числа точек и параметров наблюдений, а следовательно, к снижению качественных и количественных характеристик информации, используемой для оценки водохозяйственной деятельности.

Несмотря на то, что в мире накоплен большой опыт создания современных информационных систем по различным отраслям народного хозяйства, тем не менее, мы рассматриваем систему, масштаб и цели которой охватывают водохозяйственные деятельности в рамках речных бассейнов республики. Такая система, безусловно, специфическая, следовательно, система учета формирования и использования водных ресурсов должна включать сбор, систематизацию и обработку накопленной информации, необходимой для оценки различных аспектов планирования и управления водохозяйственной деятельности.

Разрабатываемая информационная система необходима для объективного изучения водных ресурсов и повышения продуктивности земельных ресурсов страны с учетом антропогенной деятельности и понимания экологической обстановки.

Одной из наиболее трудных задач планирования водных ресурсов является выделение основных целей и определение относительной важности каждой из них. Заметим при этом, что некоторые цели трудно оценить количественно, но и те, для которых это, возможно, часто выражаются в несопоставимых единицах.

В большинстве случаев в планировании и управлении водных ресурсов трудно найти удачное комбинирование несопоставимых, зачастую конфликтных целей, задач и накладываемых сложных ограничений и представить все это в виде единой системы. Методика системного анализа может оказать содействие в том, чтобы при минимальных экономических и физических затратах достичь максимальных результатов в распределении водных ресурсов, экономическом развитии и охране окружающей среды.

В целом системный анализ представляет собой искусство и науку разложения сложного явления на его отдельные, более мелкие и более понятные в таком виде составляющие подсистемы и проведения анализа имеющихся связей между подсистемами, а также между подсистемами и более крупными системами [Моисеев, 1981].

В общем, системный анализ - это метод решения проблем, в котором делаются попытки построить копию реальной системы или ситуации с тем, чтобы в результате экспериментов с этой копией - моделью - получить некоторое понимание реальности. Система описывается серией математических выражений таким образом, чтобы результирующие соотношения описывали явления. Сюда

включаются параметры, влияющие на систему, и факторы, определяющие эти параметры. Таким образом, подразумевается, что хорошие математические модели системы требуют досконального знания и понимания этой системы. Поскольку в большинстве задач управления водными ресурсами известны не все факторы, влияющие на систему (или известны, но мы не можем их численно оценить), разработанная модель не будет точно описывать реально существующую ситуацию. Однако модель может быть достаточно близка к реальности для всех практических целей [Моисеев, 1981].

Анализ водохозяйственной системы проходит пять стадий:

- определение и явная постановка целей,
- перевод целей в количественные критерии,
- определение альтернативных стратегий поведения, которые удовлетворяют критериям,
- определение следствий от применения каждой из альтернатив,
- сравнительные оценки альтернативных стратегий по заданным критериям.

Роль моделей в процессе планирования водных ресурсов наглядно иллюстрируется на рис.35. Вначале определяются общегосударственные цели и ценности, из которых вытекают конкретные цели развития и использования водных ресурсов.

Затем цели должны представляться в виде численных критериев, которые используются для оценки степени влияния цели. Следующий этап - разработка модели системы, на которой проверяются и оцениваются различные варианты развития. Критерии, используемые в модели, связывают цели и альтернативные варианты. В процессе формирования критериев, моделей и альтернативных планов должны учитываться наличные ресурсы, ограничения, наложенные на систему, технологические и природные факторы. Необходимо глубокое понимание взаимодействия системы с окружающей средой, которую она использует, изменяет и под воздействием которой меняется сама.

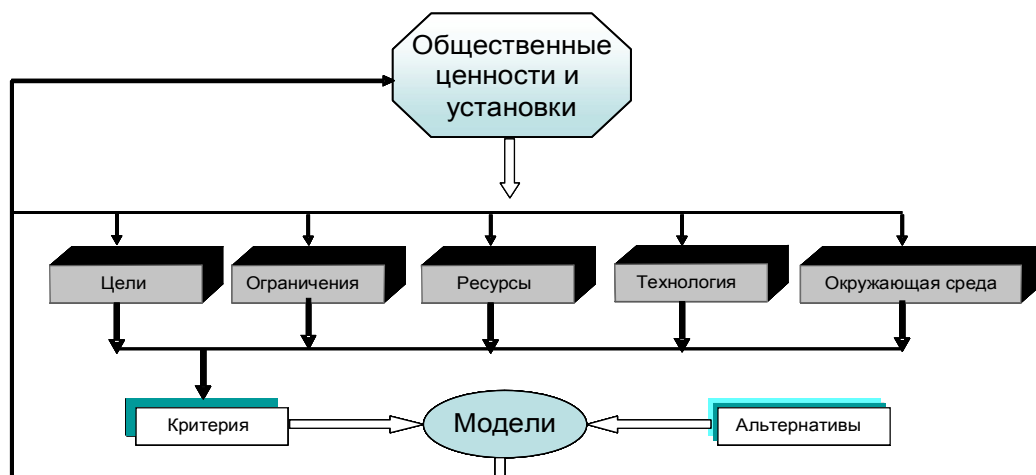


Рис. 35. Роль моделей в процессе планирования.

Наконец, системный анализ может служить лицам, принимающим решения не только для прогнозирования и планирования, но и как инструмент обучения. Модели, применяемые для обучения, значительно проще и опираются на определенные допущения. Они служат для исследования последствий различных стратегий поведения и иногда дают возможность “почувствовать” систему, меняя различные параметры или взаимосвязи между ними. Экспериментируя, например, по такой схеме: **“если оценка ... верна, ... могло бы случиться ... , если бы произошло ... ”**, лицо, принимающее решения, немедленно получает ответ, в котором оцениваются последствия его решений.

Исходя из этого, при разработке информационной системы и математических моделей речных бассейнов республики, мы придерживаемся принципа **“от простого к сложному”**. В начальном этапе разрабатываются отдельные блоки информационной системы с соответствующими математическими моделями и далее проводится их стыковка в рамках общей системы, то есть в процессе разработки системы придерживаются принципа **“блочной-иерархической структуры системы”**.

Цели и задачи информационной системы. Основной целью данного исследования является создание единой автоматизированной информационной системы с комплексом математических моделей для поддержки процесса принятия обоснованных решений в задачах планирования и управления водными ресурсами речных бассейнов.

Исходя из этого, ближайшими целями системы являются:

- организация процесса создания базы данных по иерархическим уровням;

- создание информационной системы для доступа к обработанной достоверной информации;
- использование системы в комплексе математических моделей и принятие обоснованных решений;
- использование геоинформационной системы (ГИС) для анализа пространственных данных, а также соответствующие методы обработки информации.

Предлагаемая система должна позволить в будущем осуществлять использование обработанной информации снизу вверх на согласованных иерархических уровнях.

Ближайшими задачами системы являются:

- качественная и количественная оценка состояния основных параметров национального мониторинга природной среды;
- представление информации для оценки последствий принятых решений в рамках существующих систем математического моделирования для перспективного и оперативного управления водными ресурсами в речных бассейнах республики;
- выработка рекомендаций по рациональному использованию водных ресурсов с учетом экологической обстановки речных бассейнов.

Основные блоки информационной системы. Попробуем обрисовать основные блоки информационной системы по планированию и управлению водными ресурсами республики. Будем рассматривать состояние водохозяйственной системы (ВХС) в речных бассейнах как нестационарную квазипериодическую во времени систему, подверженную внешним воздействиям и характеризуемую сектором разномасштабных динамических процессов, протекающими в ней.

Водохозяйственная система - совокупность мероприятий и сооружений по рациональному использованию водных и связанных с ними природных ресурсов, позволяющая оптимально удовлетворять всех водопользователей имеющимися ресурсами воды.

В принципе любая ВХС состоит из трёх взаимосвязанных частей: природной, технической и экономической. Природная часть обуславливает возможности функционирования и развития ВХС, определяет положительные и отрицательные стороны ее влияния на

окружающую среду. Экономическая часть учитывает интересы всех затрагиваемых отраслей и отдельных водопользователей. Ее задача заключается в максимизации экономического эффекта и минимизации ущерба при недополучении воды.

К участникам ВХС относят водоснабжение, водоотведение, гидротехническую мелиорацию, гидроэнергетику, водный транспорт, рыбное хозяйство, здравоохранение, водный туризм. Участников ВХС можно условно разделить на водопотребителей и водопользователей. К группе водопотребителей относятся отрасли, в которых водопользование связано с изъятием воды из водоемов и водотоков. Основными водопотребителями являются промышленность, коммунальное водоснабжение и сельскохозяйственное орошение.

В группу водопользователей входят отрасли, которые не изымают воду, а используют ее для выполнения различных технологических операций. Например, для получения электроэнергии, создания судоходных глубин, обеспечения отдыха на воде и туризма.

Однако по мере более глубокого использования водных ресурсов грани между водопотребителями и водопользователями стираются. Так, при создании энергетических водохранилищ значительная часть воды теряется на испарение и фильтрацию и пропадает для остальных участников комплекса. Поэтому более логично будет объединить эти две категории в одну с общим названием - водопользователи.

Существенным в водопользовании является водопотребление и водоотведение. *Водопотреблением* называют потребление воды из водного объекта или систем водоснабжения. *Водоотведением* называют удаление сточных вод за пределы населенного пункта, предприятия или других мест использования.

В связи с этим возникает необходимость создания автоматизированной информационной системы по рациональному использованию водных ресурсов в крупных речных бассейнах. Основными звеньями такой системы являются:

- сбор и обработка структуризированной информации по всем элементам ВХС;
- создание базы данных по иерархическим уровням, обеспечивающей хранение массивов разнородной информации, ее критический контроль и обработку;

- развитое программное обеспечение, оформленное в виде пакетов прикладных программ, позволяющее реализовать статистический и структурный анализ базы данных и проводить поиск зависимостей;
- применение географической информационной системы (ГИС) для анализа данных о взаимном расположении объектов в географическом пространстве;
- комплекс математических моделей, обеспечивающих проведение вычислительных экспериментов;
- экспертные системы для проведения анализа ситуаций и выработку прогностических решений.

При рассмотрении ВХС в крупных речных бассейнах республики мы исходим из концептуальной схемы информационной системы, представленной на рис. 36. При этом все блоки информационной системы дополняют друг друга и взаимосвязаны между собой.

Процесс построения информационной системы начинается со сбора и систематизации необходимой информации, а также её обработки. Таджикистан располагает огромными запасами водных ресурсов, которые сосредоточены в нескольких крупных речных бассейнах. Это бассейны рек Вахш, Пяндж, Кафирниган, Сырдарья и Заравшан. В административном плане они относятся к разным областям республики, например, рр. Сырдарья и Заравшан - к Согдийской области, а рр. Кафирниган, Вахш и Пяндж - к районам республиканского подчинения (РРП), Хатлонской области и Горно-Бадахшанской автономной области (ГБАО) соответственно.

Естественно, перед сбором необходимой информации должны быть четко оговорены вид, периодичность, структура, иерархический уровень и используемая кодировка собираемых данных о водных ресурсах рассматриваемого речного бассейна. Это самый сложный процесс в создании информационной системы, так как заложенные в нем основные правила соблюдаются во всем периоде построения системы. Следовательно, нечеткая проработка на этом уровне может привести далее к сложностям построения информационной системы в целом.

Таким образом, в блоке *“сбор и обработка информации”* производится основная работа по сбору, систематизации, принятию правил кодировки объектов, их взаимосвязи и степени охвата управления рассматриваемого речного бассейна.

Вторым по уровню рассмотрения в процессе создания информационной системы является блок “База данных”. Именно этот блок является центральным звеном, фундаментом всей системы в целом, на котором далее происходит формирование других блоков системы.

Эффективное использование накопленных в различных ведомствах массивов информации (а ее количество обычно составляет несколько тысяч единиц хранения) стало возможным только при активном включении в технологию обработки вычислительной техники и создании специального программного обеспечения.

Системы автоматизированного хранения и обработки больших массивов информации, пришедшие на смену традиционным архивам данных о водно-земельных ресурсах, получили название банков данных. Кроме ЭВМ, являющейся технической основой таких систем, банк данных, как правило, состоит из трех компонент:

- *базы данных,*
- *системы управления базой данных (СУБД),*
- *проблемно - ориентированной системы обработки информации.*

База данных содержит всю информацию, хранимую в банке. Информация, занесенная в базу, хранится на дисках большого объема памяти в форматах, соответствующих типу СУБД, выбранной для конкретной системы.

СУБД представляет собой сложный программный комплекс, призванный наиболее оптимальным образом выполнить любой запрос пользователя информационной системы на поиск информации в базе данных и формировать отобранную информацию в виде, требуемом для дальнейшего использования (например, отчётов и форм и т.д.).

СУБД имеет обычно свой язык запросов, причем если это СУБД водохозяйственного банка, то и язык запросов должен отражать специфику предметной области и быть максимально близким к естественной для специалистов по водным ресурсам терминологии.

Проблемно - ориентированная система обработки информации состоит из библиотек и пакетов программ, представляющих пользователю максимально широкие возможности проведения расчетов с данными из банка. Реализация самого проблемного

программного обеспечения в системе банка данных выполняется таким образом, чтобы оно составляло как бы верхний уровень СУБД, имело полную совместимость с ней по запросам, а языковые средства представляли собой расширение языка пользователей СУБД.

В таком случае многие достаточно стандартные задачи обработки могут быть непосредственно сформулированы на языке предметной области, и они не требуют для своего решения знания пользователем конкретной структуры базы данных и алгоритмических языков.

Следовательно, создание “банка данных” обеспечивает введение базы данных, поиск и отбор необходимой информации, контроль и редактирование данных. При этом интерфейс пользователя осуществляется в диалоговом режиме непосредственно с дисплея, а также из программ пользователей.

Третьим уровнем информационной системы является создание географической информационной системы, которая в последнее время широко используется в задачах природопользования. Включение в информационную систему данных о взаимном расположении объектов в географическом пространстве и использование соответствующих методов обработки и представления данных формируют специфические геоинформационные системы (или ГИС) [ДеМерс, Майкл, 1999].



Рис. 36. Концептуальная схема информационной системы.

Поскольку в настоящее время повысилась удельная роль информации об окружающей среде и расширилось применение компьютерной графики, возрастает роль геоинформационных систем в решении региональных проблем природопользования.

При малой изученности речного бассейна моделирование его как территориальной системы может оказаться трудно осуществимым. Было бы весьма заманчиво построить для предварительной обработки обширных массивов территориально-распределенной информации и последующего анализа результатов соответствующую геоинформационную систему и воспользоваться ее преимуществами при анализе данных.

Технология ГИС позволяет установить связь с базой данных, выбрать необходимые данные по какому-либо объекту и определить их пространственные расположения. Эти знания служат основой для принятия более точных и разумных решений.

Для пользователя ГИС часто представляет интерес не просто свойства территориальных объектов на заданном участке пространства, но и режим протекающих в них процессов. Например, интересно проследить качественные и количественные изменения водных ресурсов, генофонда растений и животных в выбранной зоне республики.

Четвертым уровнем информационной системы является ***создание программных модулей и комплекса математических моделей*** для решения специфических задач внутри каждого из блоков системы. Например, в рамках блока водные ресурсы могут быть рассмотрены такие модели, как модель бассейна реки или оптимизационная модель управления водохранилищами и т.д. Опыт разработки математических моделей управления каскадом водохранилищ в крупных речных бассейнах представлен в работах [Агасандян, 1983; Ерешко, 1984; Мосевич, 1999; Носиров, Рахматиллов, Наврузов, Ахоров, 1998; Резниковский, Рубинштейн, 1974; Усманов, Наврузов, 2001; Хранович, 2001].

4.3. Создание базы данных речного бассейна

Структура и принципы создания базы данных. Базу данных (БД) можно определить как унифицированную совокупность данных, совместно используемую всеми пользователями какого-

либо ведомства. Задача базы данных состоит в хранении всех представляющих для некоторого ведомства (в нашем случае это министерства, ведомства и организации в области использования водных ресурсов) интерес данных в одном месте, причем таким способом, который заведомо исключает их избыточность. Хранение множественных копий данных в различных местах организации чревато возникновением рассогласований между предположительно идентичными наборами данных. Исходя из этого, в хорошо спроектированной БД избыточность данных исключается, и вероятность сохранения противоречивых данных минимизируется.

Базовые концепции. Прежде чем приступить к созданию БД применительно к задачам рационального использования водных ресурсов в речных бассейнах, рассмотрим основные базовые концепции при проектировании базы данных [Ролланд, 2002].

В больших компьютерных системах к данным, хранящимся в БД, доступ может осуществляться одновременно сотней и более пользователей. БД в таких случаях может иметь сотни полей данных с миллионами единиц информации. БД на микрокомпьютерных системах имеют гораздо меньший масштаб. Здесь к конкретной БД в некоторый момент времени обычно осуществляет доступ один пользователь и каждая БД содержит только некоторое подмножество данных. Будет ли разрабатываемая БД размещаться на большой ЭВМ или на микрокомпьютере - функции СУБД в обоих случаях одинаковы. СУБД представляет собой программно-аппаратный пакет, обеспечивающий пользователям простой доступ к БД. Программная часть СУБД, которую некоторые изготовители называют менеджером БД, выступает в качестве интерфейса между пользователем и БД (рис.37).

Менеджер БД обеспечивает программные средства, необходимые для создания, загрузки, запроса и обновления данных. Менеджер также контролирует все действия, связанные с управлением вводом-выводом и памятью БД. Таким образом, хорошо спроектированная СУБД обеспечивает программное обеспечение, упрощающее для пользователя общение с БД. Для того чтобы созданная система баз данных функционировала как единое целое, сама БД должна быть хорошо спроектирована. Основная наша цель заключается в том, чтобы спроектированная нами база данных о водно-земельных ресурсах, наиболее полно отвечала всем требованиям БД реляционного типа.

Определение отношения. Математически отношение - определяется следующим образом. Пусть дано "к" множеств $N_1, N_2, \dots, N_K$, тогда S есть отношение над этими множествами, если S есть множество упорядоченных k -кортежей вида $\{n_1, n_2, \dots, n_k\}$, где $n_1 \in N_1, n_2 \in N_2, \dots, n_k \in N_K$, то $N_1, N_2, \dots, N_K$ называют доменами отношения S .

Смысл данного определения наиболее просто пояснить графически (рис.38), где показаны 4 домена. Домен N_1 - это множество целых чисел, представляющих собой код района; N_2 - символьные строки, представляющие собой название административных районов; N_3 - символьные строки, представляющие собой название центров административных районов; N_4 - еще одно множество действительных чисел, представляющих собой, например, численность городского населения районов (тыс.чел).

Отношение S состоит из 7 кортежей. Каждый *кортеж* - из 4 элементов, которые выбираются каждый из своего домена. Первый элемент каждого кортежа выбран из домена N_1 , второй элемент - из домена N_2 и т.д.

Отношение, с точки зрения обработки данных, характеризуется рис. 39. Четыре домена, представленные здесь, соотносятся с четырьмя элементами реального мира: кодом административного района, его названием, названием его центра и численностью городского населения. Отношение принимает вид таблицы или файла, где кортежи - строки таблицы или записи в файле.

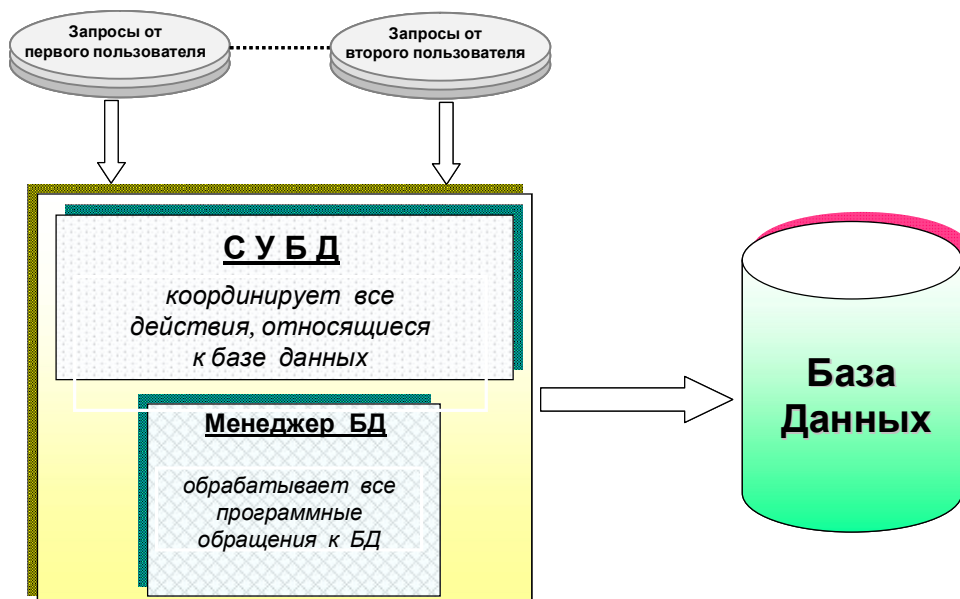


Рис.37. Основные компоненты архитектуры СУБД.

Имена столбцов (с точки зрения обработки данных - поля в записи) называются *атрибутами*, а индивидуальные значения, появляющиеся в отдельных кортежах, - *значениями атрибутов*. Таким образом, первый элемент первого кортежа имеет значение атрибута, равное 3503200 и взятое из домена RayonCode.

Следует сделать одно важное замечание по поводу различия между математическим определением отношения и действительным хранением отношений в микрокомпьютерных системах БД. По определению отношение не может иметь два идентичных кортежа (записей) в отношении (файле), многие микрокомпьютерные СУБД это допускают (если не используется специальная техника программирования, предотвращающая возникновение указанной ситуации).

Следует упомянуть два дополнительных термина, касающихся отношений. Число столбцов в отношении называют *степенью*. Текущее число кортежей в отношении называется *мощностью*.

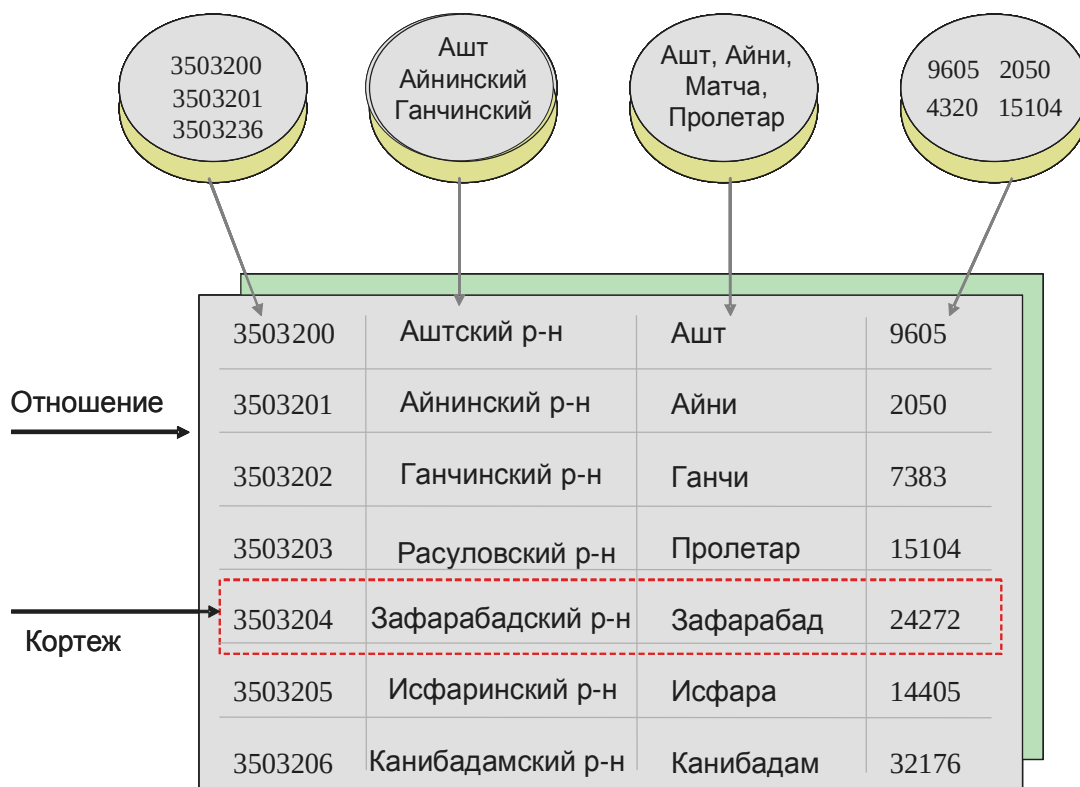


Рис.38. Отношения с математической точки зрения.

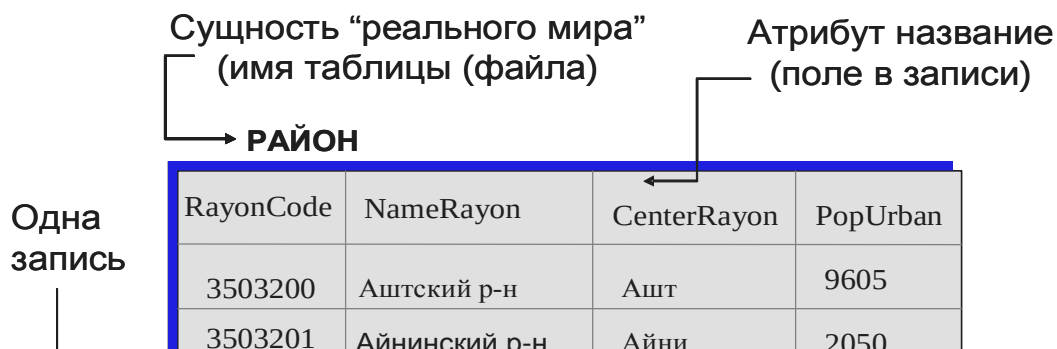


Рис.39. Отношение с точки зрения обработки данных.

Степень отношения обычно не изменяется после создания отношения, но мощность будет колебаться по мере добавления новых и удаления старых кортежей.

Разработка базы данных в среде MS Access. Для создания базы данных мы использовали программное обеспечение фирмы Microsoft - Access 2.0 - Система управления реляционными базами данных (СУБД) для Windows (Версия 2.0) [Вейскас., 1995, Форт , Хоуи , Релстон , 2000].

Microsoft Access - это интерактивная система СУБД для Microsoft Windows, предоставляющая разнообразные возможности по организации, поиску и представлению информации.

- Microsoft Access полностью использует преимущества графической среды Windows, предоставляя визуальный доступ к данным.
- Мощные возможности создания запросов и установления связей с внешними объектами позволяют быстро найти нужные данные независимо от того, где и в каком формате они хранятся. Один и тот же запрос может извлекать данные из таблиц, находящихся в разных местах и имеющих неодинаковый формат. При этом запрос нетрудно в любое время изменить, получив совершенно новое представление данных.
- Microsoft Access - средства адекватного отображения (WISIWYG), которые позволяют создавать формы и отчеты, полностью отвечающие необходимым

требованиям и стандартам. По данным можно создавать диаграммы, объединять в одном документе разные формы и отчеты и оформлять итоговые документы с качеством, ранее присущие только профессиональным издательским системам.

- Мастера и макросы Microsoft Access помогают легко автоматизировать выполнение большинства работ, совершенно не прибегая к программированию. Для более сложных задач управления данными предназначен Access Basic.

Методология разработки основных объектов базы данных - блоков ВОДА и КАЧЕСТВО для области РПП. Для этой цели на базе программного обеспечения (ПО) MS Access разработаны соответствующие таблицы, запросы, формы и отчеты.

Приводим перечень таких таблиц (с описанием содержащейся в них информации), а также некоторые наиболее характерные запросы и отчеты.

Структура блока “ВОДА” состоит из следующих подблоков:

- Справочная информация
- Оперативная информация
- Графики
- Схемы
- Диаграммы

Блок “Справочной информации” содержит информацию, не изменяющуюся с течением времени, то есть. информацию, которая характеризует объект и содержит основные технические параметры.

Блок “Оперативной информации” содержит динамические данные об объектах, например помесечные данные о величине забора воды (млн. м³/месяц).

В рамках блока “ГРАФИКИ” предоставляется возможность просмотра в графическом виде справочной и оперативной информации для:

- Водозаборов,
- сбросов по каналам.
- дренажных сбросов,
- месторождения подземных вод,
- гидропостов.

В блоке “СХЕМЫ” можно просмотреть схемы расположения водозаборов и сбросов для:

- бассейна реки Каратаг и Ширкент;
- бассейна реки Кафирниган;
- бассейна реки Вахш.

В блоке “ДИАГРАММЫ” можно просмотреть орошаемые и неорошаемой площади зоны планирования, а также другие показательные характеристики.

Структура блока “КАЧЕСТВА” включает в себя качество воды на основных реках, водозаборах, месторождениях подземных вод и дренажных сбросах.

Разработка запросов и форм. Любая база данных помимо таблиц обязательно содержит запросы и формы, так эти элементы необходимы при разработке пользовательского интерфейса в рамках информационной системы.

Запросы - важнейший инструмент любой системы управления базами данных - служат для выборки записей, обновления таблиц и включения в них новых записей. Чаще всего запросы применяют для выборки конкретных групп записей, удовлетворяющих заданному условию. Кроме того, запросы позволяют комбинировать информацию, содержащуюся в различных таблицах, обеспечивая связанным элементам данных таблиц унифицированный вид.

Формы служат для организации пользовательского интерфейса с таблицами данных. Многие задачи можно решить, просмотрев таблицы и результаты запросов в режиме таблицы. Например, можно расположить поля формы так, чтобы ввод и редактирование записи выполнялись слева направо и сверху вниз. Формы позволяют создать средства многовариантного выбора значений полей, в которых для представления допустимых значений применяются сокращенные кодовые обозначения. Правильно сконструированная форма ускоряет ввод данных и сводит до минимума ошибки ввода пользователя.

Формы создаются из набора отдельных конструктивных элементов, называемых *элементами управления*, или *объектами элементов управления*. Элементы управления - это компоненты экрана и диалоговых окон как Access, так и прочих приложений Windows. Для ввода и редактирования данных применяют *поля*, для наименований полей применяют *надписи*, а для вставки рисунков - *рамки объектов*. В окне формы размещают элементы управления

двух типов: для отображения данных таблиц и для отображения статистических данных - подписей и логотипов.

Разработка интерфейса. Одним из важных вопросов создания информационной системы является создание пользовательского интерфейса. Многие разработчики программного обеспечения создают интерфейс своих программ без применения каких-либо специальных методов. Однако использование метода разработки пользовательского интерфейса является необходимым элементом, который обеспечивает продуктивность работ пользователей и делает программу простой в использовании. Процесс создания интерфейса начинается с определения целей поставленной задачи, а также внутренних и внешних обстоятельств, которые пользователь должен принять во внимание.

Разработанный интерфейс пользователя для ИС представлен в рис. 40-42.

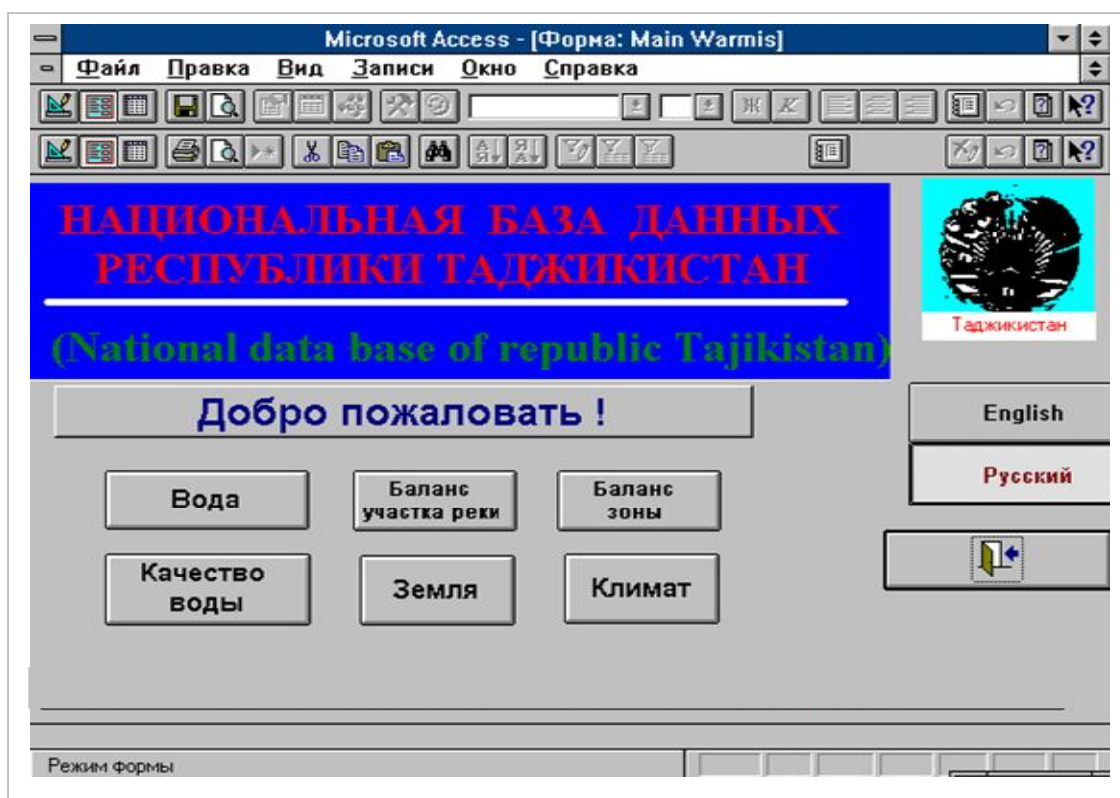


Рис. 40

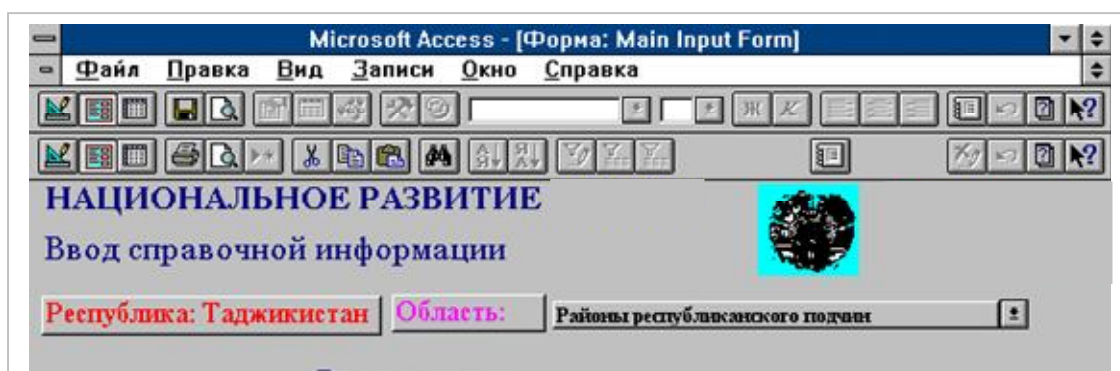


Рис. 41

Microsoft Access - [Form Intakes_Monthly]

Файл Правка Вид Записи Окно Справка

НАЦИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ

Ввод оперативных данных по Водозаборам

Таджикистан Область Районы республиканского подчин

Поиск: БГК

Водозабор: БГК

Код: 1011376024500160000

English

Русский

млн м3/месяц

Год	Янв	Фев	Март	Апр	Май	Июнь	Июль	Авг	Сен	Окт	Нояб	Дек
1990	0	0	0	0	39.53	64.13	80.34	69.65	38.72	20.54	0	0
1991	0	0	0	0	16.86	48.45	66.25	62.55	44.19	33.59	0	0
1992	0	0	0	4.25	28.28	55.53	80.66	70.54	30.77	18.76	0	0
1993	0	0	0	0	17.92	60.72	84.53	62.24	35.03	20	0	0
1994	0	0	0	5.72	34.12	49.76	89.62	76.29	42.35	16.31	0	0
1995	0	0	0	6.11	24.97	53.16	70.9	69.3	31.55	15.99	0	0
1996	0	0	0	5.12	22.3	47.5	71.8	67.5	33.6	14.7	0	0
1997	0	0	0	4.8	21.4	41.8	70.5	70.6	31.8	14.2	0	0

Запись: 1 Всего: 12

Запись: 32 Всего: 50

Год, Year. ФЛТР

Рис. 42

4.4. Географическая информационная система (ГИС)

Что такое ГИС. В том, что владение точной и достоверной информацией есть важнейшее условие достижения успеха, уже

никого не нужно убеждать. Но еще более важно уметь работать с имеющейся информацией. Методы работы с данными постоянно совершенствуются, и теперь уже привычно видеть документы, таблицы, графики, чертежи и картинки на экране компьютера. При помощи компьютера мы создаем и изменяем, извлекаем и анализируем данные. Одним из типов документов, в который компьютер вдохнул новую жизнь, стала и географическая карта.

Последние десятилетия связаны с возникновением географических информационных систем, воплотивших принципиально новый подход в работе с пространственными данными [ArcView GIS..., 1998, ДеМерс, Майкл ., 1999, Королев, 1998; Кошкарев, Каракин, 1987; Савиных, Цветков, 2001; Цветков, 1998; Шайтура, 1998].

Географическая информационная система (ГИС) - современная компьютерная технология для картографирования и анализа объектов реального мира, происходящих и прогнозируемых событий и явлений. Геоинформационные системы наиболее естественно отображают пространственные данные.

ГИС объединяет традиционные операции при работе с базами данных - запрос и статистический анализ - с преимуществами полноценной визуализации и географического (пространственного) анализа, которые предоставляет карта. Эта особенность дает уникальные возможности для применения ГИС в решении широкого спектра задач, связанных с анализом явлений и событий, прогнозированием их вероятных последствий, планированием стратегических решений.

Данные в геоинформационных системах хранятся в виде набора тематических слоев, которые объединены на основе их географического положения. Этот гибкий подход и возможность геоинформационных систем работать как с векторными, так и с растровыми моделями данных, эффективен при решении любых задач, касающихся пространственной информации.



Геоинформационные системы тесно связаны с другими информационными системами и используют их данные для анализа объектов.

ГИС отличаются:

- развитые аналитические функции,
- возможность управлять большими объемами данных,
- инструменты для ввода, обработки и отображения пространственных данных.

Ключевые преимущества геоинформационных систем

- *удобное для пользователя отображение пространственных данных.* Картографирование пространственных данных, в том числе в трехмерном измерении, наиболее удобно для восприятия, что упрощает построение запросов и их последующий анализ.
- *интеграция данных внутри организации.* Геоинформационные системы объединяют данные, накопленные в различных подразделениях компании или даже в разных областях деятельности организаций целого региона. Коллективное использование накопленных данных и их интеграция в единый информационный массив дает существенные конкурентные преимущества и повышает эффективность эксплуатации геоинформационных систем.
- *принятие обоснованных решений.* Автоматизация процесса анализа и построения отчетов о любых явлениях, связанных с пространственными данными, помогает ускорить и повысить эффективность процедуры принятия решений.
- *удобное средство для создания карт.* Геоинформационные системы оптимизируют процесс расшифровки космических данных и аэросъемок и используют уже созданные планы местности, схемы, чертежи. ГИС существенно экономят временные ресурсы, автоматизируя процесс работы с картами, и создают трехмерные модели местности.

Составляющие геоинформационных систем

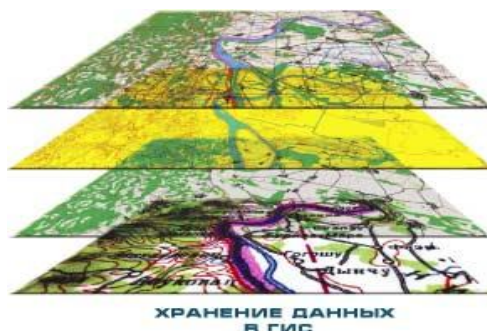
- *аппаратные средства*

- *программное обеспечение.* Программное обеспечение ГИС содержит функции и инструменты, необходимые для хранения, анализа и визуализации географической (пространственной) информации.
- *данные.* Данные могут быть представлены в виде готовых карт с требуемыми тематическими слоями, либо в виде снимков космической и аэрофотосъемки и пр.



Операции, осуществляемые ГИС

- *ввод данных.* В геоинформационных системах автоматизирован процесс создания цифровых карт, что кардинально сокращает сроки технологического цикла.
- *управление данными.* Геоинформационные системы хранят пространственные и атрибутивные данные для их дальнейшего анализа и обработки.
- *запрос и анализ данных.* Геоинформационные системы выполняют запросы о свойствах объектов, расположенных на карте, и автоматизируют процесс сложного анализа, сопоставляя множество параметров для получения сведений или прогнозирования явлений.
- *визуализация данных.* Удобное представление данных непосредственно влияет на качество и скорость их анализа. Пространственные данные в геоинформационных системах предстают в виде интерактивных карт. Отчеты о состоянии объектов могут быть построены в виде графиков, диаграмм, трехмерных изображений.



Отраслевое использование ГИС. Возможности геоинформационных систем могут быть задействованы в самых различных областях деятельности. Вот лишь некоторые примеры использования ГИС:

- городское планирование и проектирование объектов,
- административно-территориальное управление,
- ведение кадастров инженерных коммуникаций, водного, земельного, градостроительного, зеленых насаждений,
- прогноз чрезвычайных ситуаций техногенно-экологического характера,
- управление транспортными потоками и маршрутами городского транспорта,
- построение сетей экологического мониторинга,
- инженерно-геологическое районирование города.

В данной работе используются возможности ГИС для решения водохозяйственных задач, в частности при управлении водными ресурсами бассейнов рек Республики Таджикистан.

При малой изученности речного бассейна моделирование его как территориальной системы может оказаться трудно осуществимым. Было бы весьма заманчиво построить для предварительной обработки обширных массивов территориально-распределенной информации и последующего анализа результатов соответствующую геоинформационную систему и воспользоваться ее преимуществами при анализе данных.

Преимущества ГИС

- Можно формировать качественно новые решения, используя пространственный анализ данных.
- Для отображения на карте можно использовать данные в привычных форматах и стандартные технологии СУБД, не требующие дополнительного обучения.
- Можно оценивать большие объемы данных одним взглядом на карту, быстро формировать сценарии развития событий и использовать информацию, которую ранее не могли или не знали, как применить.
- Можно наглядно отражать (в том числе и в реальном времени) самые разные процессы, такие как передвижения транспортных средств или избирательную активность населения.

- Картографическое представление может придать используемым документам и отчетам наглядность независимо от объема и сложности данных.
- ГИС-системы и отдельные функции легко интегрируются с другими программами, что позволяет быстро и недорого создавать программно-технические решения для специальных задач. Такие решения можно потом тиражировать и тем самым окупать затраты.
- ГИС-индустрия активно развивается, вовлекая в свою орбиту новые технологии, технические средства и источники данных.

Геоинформационные системы - основные понятия. Термин "Географическая информационная система (ГИС)" обозначает организованный набор аппаратуры, программного обеспечения, географических данных и персонала, предназначенный для эффективного ввода, хранения, обновления, обработки, анализа и визуализации всех видов географически привязанной информации.

Особое значение для успешной работы ГИС имеет персонал - операторы, программисты, системные аналитики и т.д. Технические специалисты, проектирующие и поддерживающие систему, во многом определяют ее свойства и эффективность последующего использования. Аппаратные средства включают компьютеры (платформы), на которых работает ГИС. Такие ГИС, как ARC/INFO, функционируют на достаточно большом числе платформ - на мощных серверах, обслуживающих клиентские машины в локальных сетях и в сети Internet, на рабочих станциях и на отдельных персональных компьютерах. Кроме того, географические информационные системы используют разнообразное периферийное оборудование - дигитайзеры, для оцифровки карт, лазерные принтеры, плоттеры для печати карт и т.п.

Программное обеспечение позволяет вводить, сохранять, анализировать и отображать географическую информацию. Ключевыми компонентами программного обеспечения являются:

- средства для ввода и манипулирования географическими данными,
- система управления базой данных,
- программные средства, обеспечивающие поддержку запросов, географический анализ и визуализацию информации,

- графический интерфейс пользователя, облегчающий использование программных средств.

Данные - возможно наиболее важный компонент ГИС. Географические информационные системы работают с данными двух основных типов:

- пространственные (синонимы: картографические, векторные) данные, описывающие положение и форму географических объектов, и их пространственные связи с другими объектами;
- описательные (синонимы: атрибутивные, табличные) данные о географических объектах, состоящие из наборов чисел, текстов и т.п.

Кроме этого, в ГИС описательная информация связывается с пространственными данными. Отличие ГИС от стандартных систем управления базами данных (dBASE, Access и т.п.) состоит как раз в том, что ГИС позволяют работать с пространственными данными.

Пространственные данные в ГИС представляются в двух основных формах - векторной и растровой. Векторная модель данных основывается на представлении карты в виде точек, линий и плоских замкнутых фигур. Растровая модель данных основывается на представлении карты с помощью регулярной сетки одинаковых по форме и площади элементов. Различия между этими моделями данных поясняются рис.43.

На этом рисунке показано, как объекты местности - озеро, речка, лес, поле и т.п. отображаются с помощью векторной модели - линиями и полигонами, а также как они же отображаются с помощью растровой модели - по-разному окрашенными квадратиками. В нижней части рисунка показано отображение озера и речки в другой проекции. Здесь видно, что растровая модель данных - это набор одинаковых по величине, но по - разному окрашенных квадратиков. В векторной модели данных озеро изображается окрашенным многоугольником, который в ARC/INFO называется полигоном (polygon), а речка ломаной линией, которая называется дугой (arc). Начало и конец этой ломаной линии называются узлами (node).

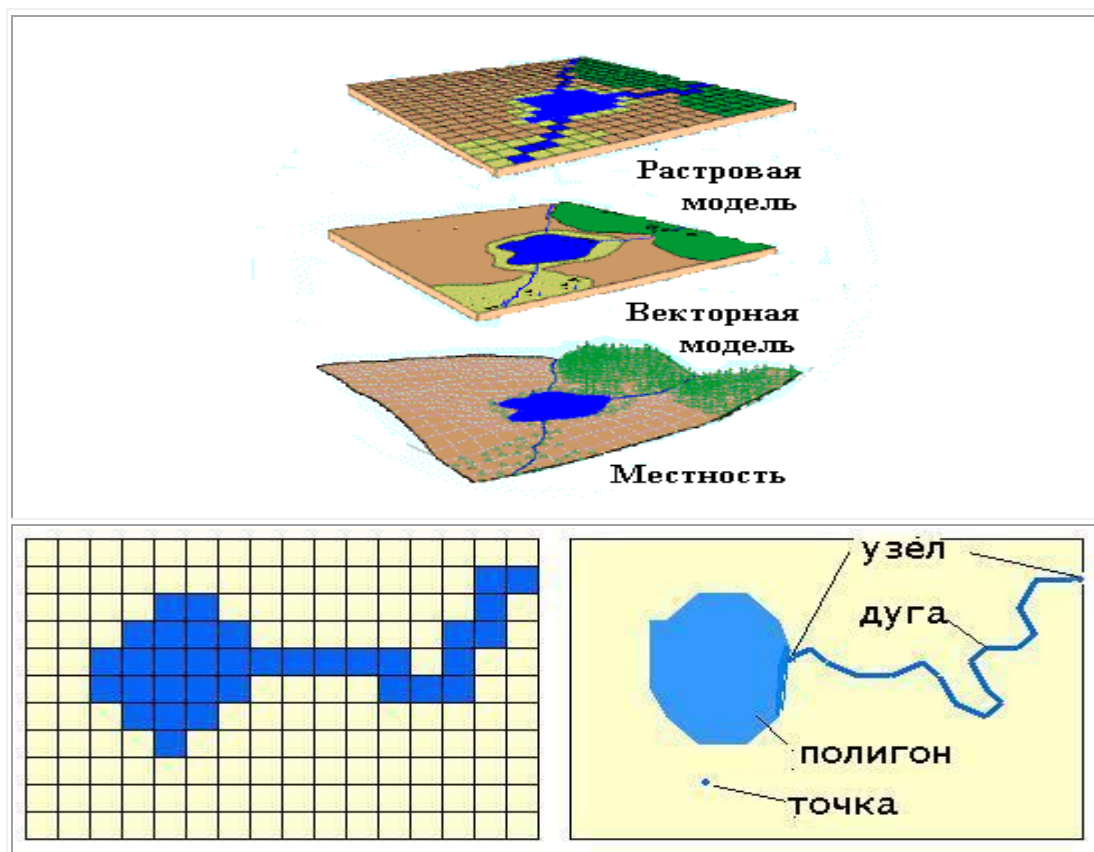


Рис. 43. Растровая и векторная модели пространственных данных.

Другой пример растрового и векторного способов отображения пространственных данных представлен на рис. 44 и 45. На этих рисунках показано, как изменяются фрагменты изображения при его увеличении. На обоих рисунках на верхних фрагментах представлено Ладожское озеро [Цветков, 1998].

При увеличении изображения в первом случае увеличивается размер прямоугольных ячеек - элементов изображения (пикселей), из которых состоит растровое изображение. При этом ни форма, ни цвет прямоугольников (величина сигналов) не изменяется. На нижнем фрагменте рис.44 хорошо видны прямоугольники, из которых составлено изображение острова Котлин. Изменение цвета пикселей на границах острова объясняется тем, что эти сигналы определяются отражением и от поверхности острова, и от поверхности Финского залива.



Рис.44. Растровый способ представления пространственных данных.

При увеличении изображения на рис. 45 полигон, соответствующий острову Котлин, преобразуется в подобный полигон большей площади. Для большего полигона увеличивается длина отрезков замкнутой ломаной линии, определяющей его границу, при этом ширина этой линии не изменяется.

Описание базы данных ГИС. Система управления водными ресурсами для бассейнов рек Республики Таджикистан является целостной системой базы данных и географической информации, в которой пространственные данные (точка, линия и полигон) могут храниться, просматриваться, анализироваться и извлекаться для анализа вне базы данных или выводиться в виде отчетов, карт и т.д. Информационная система обеспечивает архив информации, которая может быть использована для проведения анализа и планирования, а также служит как инструмент для принятия решений.

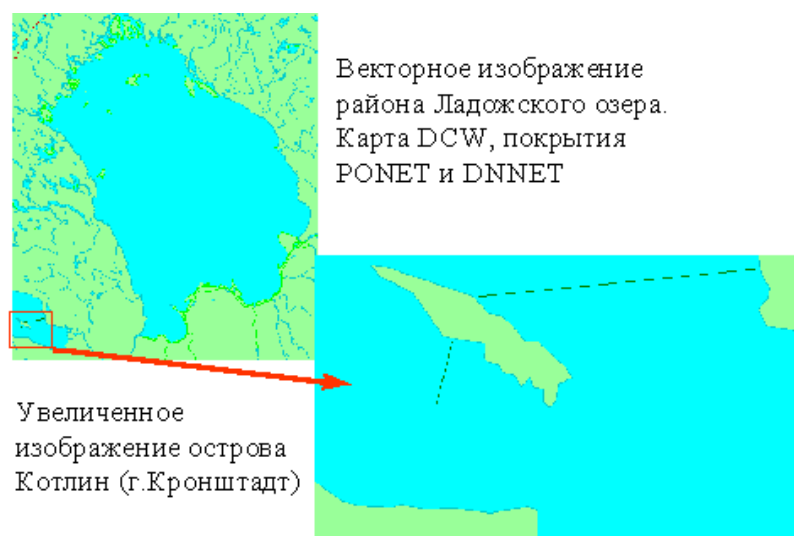


Рис.45. Векторный способ представления пространственных данных.

Любой объем информации может храниться по потребностям, наличию и использованию водных ресурсов, и система имеет такую структуру, что ее можно постоянно развивать в глубину и по темам для соответствия изменяющимся потребностям.

ГИС содержит информацию в форме тематических слоев. Эти карты можно просмотреть на экране или распечатать, и также можно рассмотреть числовые данные, связанные с соответствующим элементом. ГИС распознает пространственные характеристики (позиция, площадь) и пространственные связи, такие как, например, соседство, связанность, направление, то есть топология. Такая информация может передаваться в табличную базу данных или анализироваться в пределах ГИС и служить в качестве средства для взаимного дополнения и проверки. Таким образом, существует взаимодействие между географическими данными, стандартной пространственной определительной информацией ГИС и соответствующими ей табличными данными.

Используемые программы. Основу ГИС составляют две связанные друг с другом векторные программы по работе и обзору географической информации, произведенные фирмой Environmental System Research Institute (ESRI): PC Arc/Info и ArcView. Arc/Info является базой ГИС, обеспечивая возможности для доступа, визуального обзора и запроса как географических, так и табличных данных [ArcView GIS...,1998; Цветков, 1998]. Для стандартных программ достаточно встроенных возможностей, связанных с базой данных. Однако в нашей информационной системе большинство

тематических данных и функций, связанных с базой данных, выполняются в Access.

ArcView предоставляет легкий в пользовании интерфейс для Arc/Info для реального запроса и вывода данных, поэтому пользователь может управлять системой с помощью наведения и нажатия мышки. Arc/Info в основном используется для создания базы данных, анализа и вывода новых данных, тогда как ArcView обеспечивает связь с внешними табличными данными ACCESS; результатами являются выходные данные в формате карт и отчетов. Последняя версия ArcView включает также множество возможностей для оцифровки и манипуляций с данными [ArcView GIS...,1998].

Одна из особенностей выбора таких программных обеспечений, как Arc/Info и ArcView, заключается в том, что две базы данных Access, Arc/Info и ArcView могут быть связаны так, что они функционируют полностью интегрировано, объединяя использование и интерфейс пользователя, например зоны планирования, которые определяются связью орошаемых командных зон (ирригационные зоны) и речных створов, могут быть легко географически картографированы (см. рис.48).

Взаимосвязь между ГИС и базой данных. Связь между ГИС и базой данных осуществляется с помощью программного инструментария, с одной стороны - ArcView, с другой - Access. При этом заметим, что устанавливается связь между пространственными и табличными данными. Связь осуществляется с помощью специальной программы ODBC, которая разрешает вывод данных на основе Структурного Языка Запроса (Structure Query Language (SQL)) и, наоборот, запрос данных между программами. Поскольку табличные данные являются ядром базы данных, то связь в основном используется из Access (сервер) в ArcView (клиент).

Поскольку табличные и пространственные данные используют общую систему кодирования и данные по управлению водными ресурсами организованы в фиксированной структуре базе данных, то связь обоих может быть реализована путем заранее подготовленных связей, определенных по установке ODBC. Это базовая версия, и она разрешает полностью стандартизированную интеграцию, используя существующие табличные данные, запрос и моделирование результатов в Access для запроса, анализа и выхода на общем оперативном уровне ГИСа.

База данных ГИС. Данные ГИС организованы по темам, называемым "покрытия", отражающими содержание и структуру табличных данных. В целом, представленная база данных ГИС содержит данные на национальном уровне. Средствами Arc/Info оцифрованы различные топографические карты Республики Таджикистан, которые и составляют основу для ГИС, а также некоторые топокарты Центрально-Азиатских республик (ЦАР).

На базе ГИС - технологий разработаны ряд покрытия для анализа (см. рис. 46-48):

- ° административные границы республики, областей и районов;
- ° зоны планирования, зоны орошения;
- ° реки (включая международные каналы и дрены), створы на реках, гидропосты, водовыпуски, водохранилища и естественные озера или пустынные понижения, используемые для стока дренажных вод;
- ° орошаемые площади (интерпретированные со спутниковых снимков и карт землепользования).

Кодирование. Данные ГИС имеют собственные идентификаторы, внутренние и пользователя, которые создаются автоматически. Кроме этих кодов по умолчанию, каждое покрытие содержит *определяемый пользователем столбец, использующий общую систему кодов, характеристики и наименования которых затем действуют как связующие столбцы между ГИС и внешними табличными данными.* Правила кодировки, более подробно описаны в третьем параграфе данной монографии.

Строительными блоками *кодированных связей* являются:

- ° административные зоны, к которым присоединяется *определенный тип данных;*
- ° географические зоны, к которым присоединяются *другие типы данных;*
- ° створы на реках и в системе каналов, которые *определяют расход воды.*

Общие спецификации данных. Существуют *различные источники данных* для ввода в ГИС: картографическая и некартографическая информация различного масштаба, типа, состава, точности и качества.

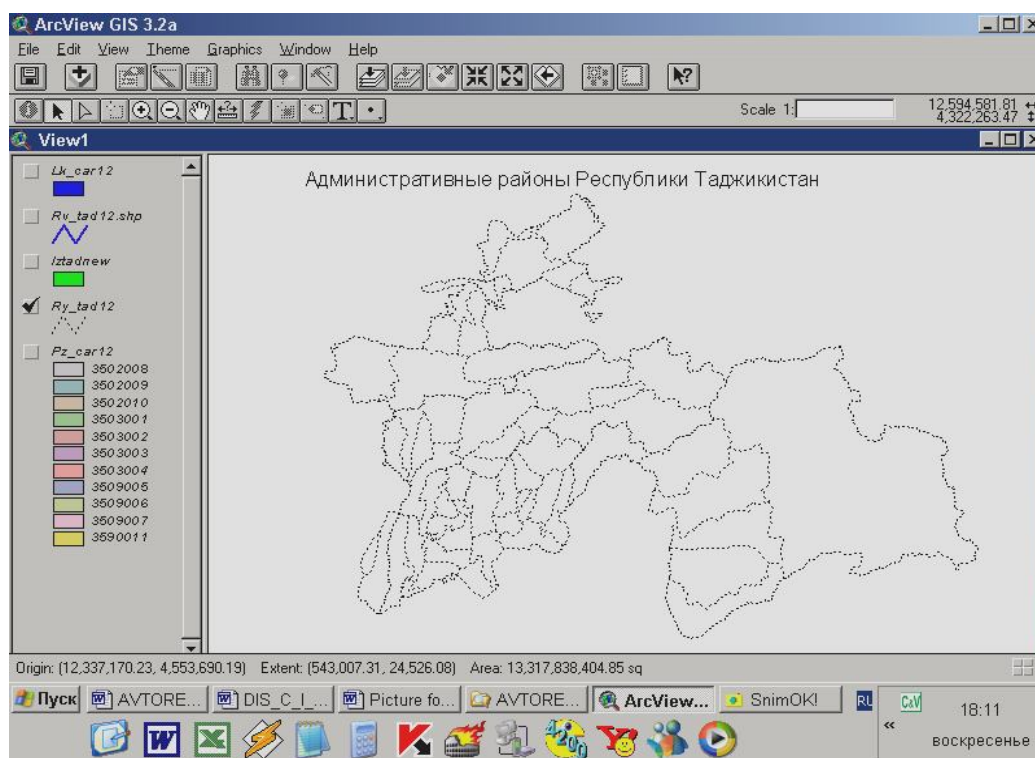
В рамках национальной базы данных, географическая информация была в основном собрана при меньших масштабах, от 1:200 000 до 1:100 000. Большинство важных источников составляли официальные топографические и тематические карты. Последние, в основном, представляют схематические карты, основанные на геометрии топографических карт.

Некартографические источники данных являются аналогичными табличными данными в том, что касается месторасположения объектов водной инфраструктуры, таких как гидростанции, водозаборы и т.п.

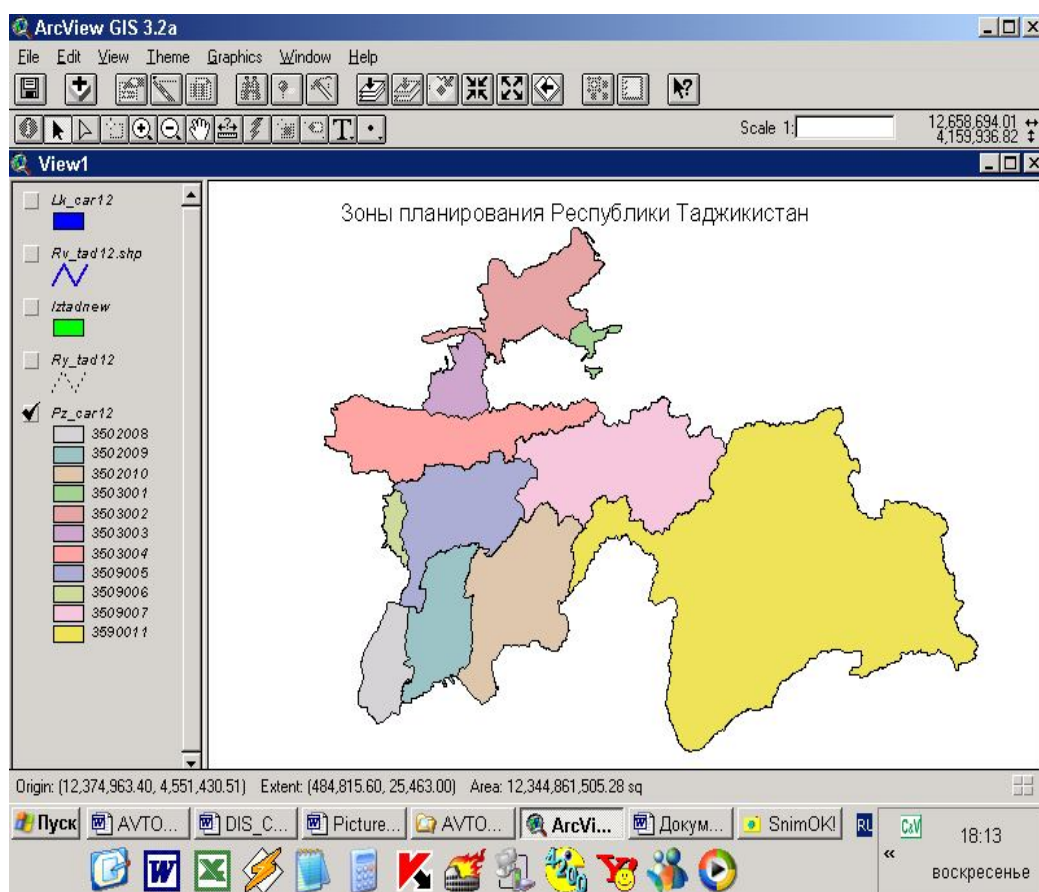
Дополнительная информация была получена в результате оцифровки маломасштабных спутниковых снимков. Снимки использовались для составления линий внешней границы орошаемых площадей и в качестве основы для сравнения с другими данными. Более обширное использование спутниковых снимков открыло бы возможности для составления других важных тематических карт, таких как землепользование, классификация орошаемых площадей, составление карт видимого поверхностного засоления или временного поверхностного заболачивания.

К сожалению, существует мало оптических спутниковых снимков крупного и среднего масштаба не только по нашей республике, но и по Центральной Азии.

Картографическая система. Данные ГИС хранятся в поперечной проекции Меркатор (Система Гаусса-Крюгера), которая является системой, широко применяющейся в Центрально - Азиатских республиках. Данные по практическим соображениям соотнесены к одному из центральных меридианов соответствующей меридиональной зоны. Система позволяет измерять поверхность и длину элементов. Приемлемы ошибки по местоположению из-за использования центрального меридиана, поскольку в основном используются малые масштабы.

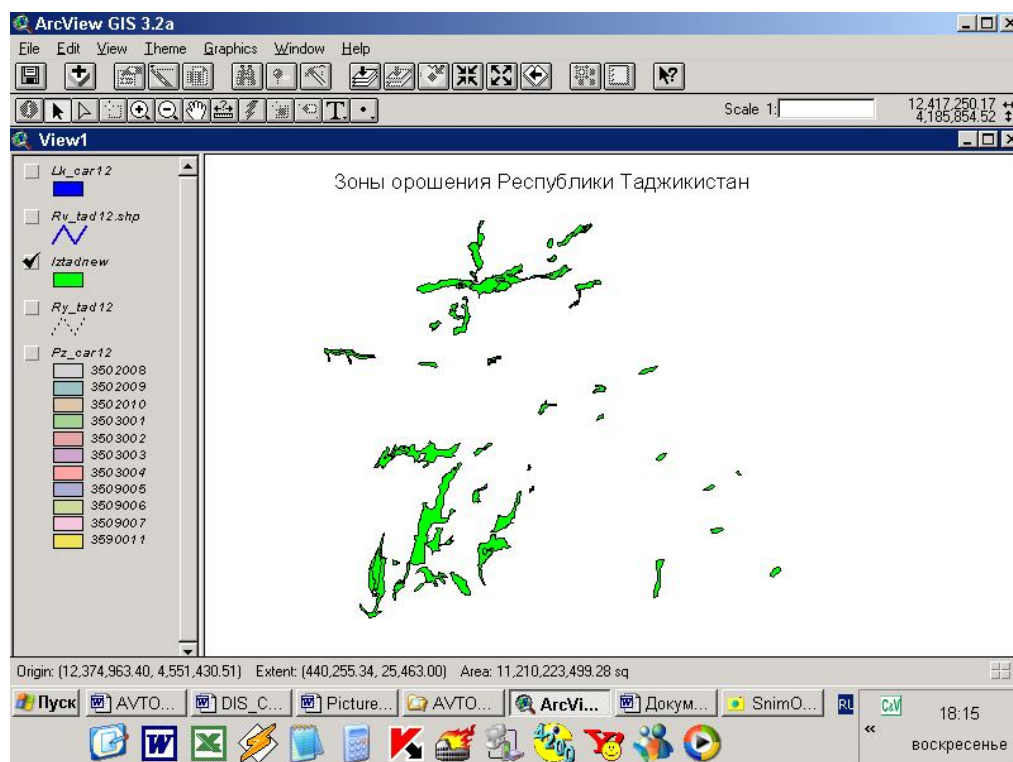


Районы

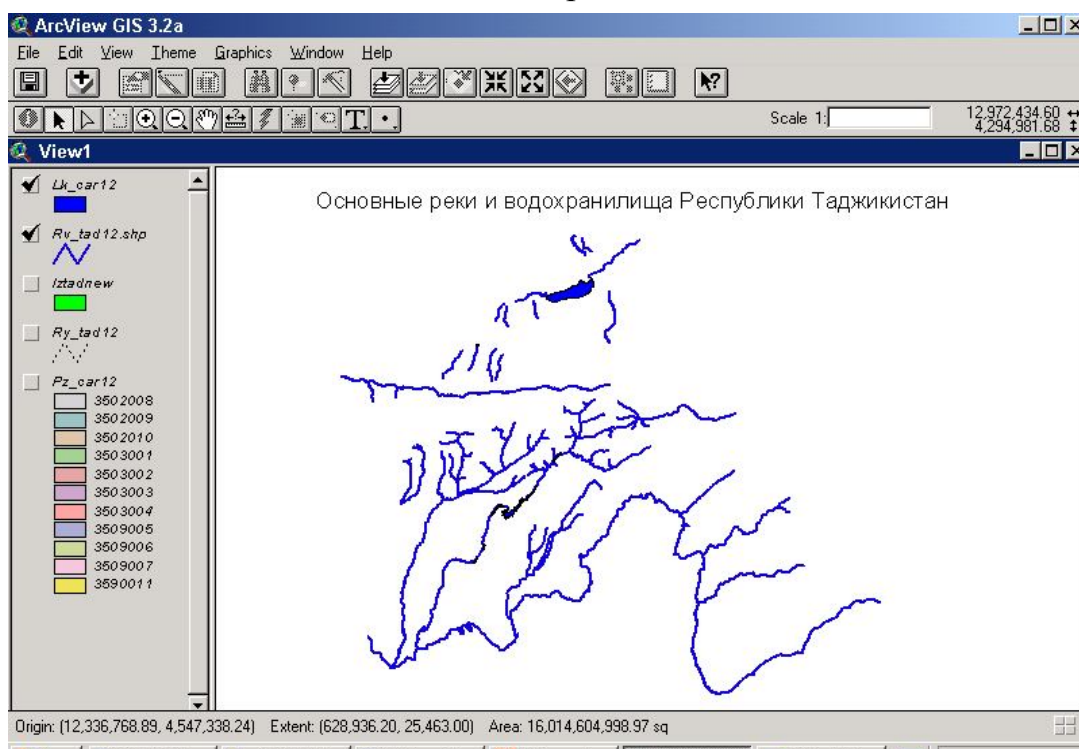


Зоны планирования

Рис. 46. Разработанные тематические слои (покрытия) в среде ГИС (районы, зоны планирования).



Зоны орошения



ища

Рис. 47. Разработанные тематические слои (покрытия) в среде ГИС (зоны орошения, реки и водохранилища).

Спецификации для системы Гаусса-Крюгера в Arc/Info, ArcView поддерживаются как поперечная проекция Меркатора. Эта система организована в меридиональных зонах вдоль так называемых ссылочных меридианов на расстоянии 6^0 . Ссылочные меридианы используются для Центрально-азиатского региона, начиная с наиболее восточных: 57^0 , 63^0 , 69^0 и 75^0 . Для перехода с одной зоны на другую должны быть определены следующие параметры (в том порядке, как запрашивается в командном проекте в Arc/Info):

Ссылочный меридиан параметры	57^0	63^0	69^0	75^0
масштаб на центральном меридиане	1:	1	1	1
долгота на центральном меридиане в д, м, с	570000	630000	690000	750000
широта происхождения	000000	000000	000000	000000
ошибочное отклонение на восток (метры)	10500000	11500000	12500000	13500000
ошибочное отклонение на север (метры)	0	0	0	0

Единицами покрытий являются метры, соответствующие параметры должны быть определены для "ввода" и "вывода".

Условные обозначения. Покрытия организованы таким образом, что они представляют как различные темы, так и типы элементов, то есть характеристики. Покрытия точек, линий и полигонов (которые состоят из линий и точек в качестве меток) должны всегда храниться отдельно. Это означает, что водные объекты (элементы) (реки, каналы, водохранилища, озера и т.д.) могут храниться как линии (например, реки, каналы вместе, используя кодировку для типа реки, канала) и как полигоны (озера, водохранилища и т.д.).

Покрытия в базе данных имеют следующие виды: <Аббревиатура для класса объектов>_<регион, проекция>. Например: **ry_tad12**- общей площади районов республики в проекции Gauss-Kruger, меридиан 69^0 (код 12). Или же примеры для аббревиатур следующих покрытий:

° класс объектов- **ob** (область), **rv** (реки), **nd** (створы) и т.д.

- проекция: 11,12,13 для 63⁰, 69⁰,75⁰ меридиан, соответственно. В базе данных все данные представлены, используя 69⁰ в качестве ссылочного меридиана.

Характеристики данных. Из-за разнообразия источников данных ряд проблем качества данных, точности и последовательности, которые должны решаться во время их ввода, можно разделить на следующие категории:

- Масштаб и точность: ГИС, хотя она и позволяет безмасштабную презентацию данных, ограничена точностью и качеством оцифрованных базовых карт. Информация была частично взята из имеющихся в наличии карт разного масштаба (например, границы районов или реки), ошибки в местоположении, которые были приемлемы для нас. Более проблематичным было качество схематических карт, которые часто изображали ситуацию довольно приблизительно и не совпадали с данными лучшего качества, например, часто границы не совсем следуют линейным характеристикам, таким как реки или опознаваемые точки такие, как заграждения или пересечения рек.
- Период подготовки карт: самые последние топографические карты датируются серединой 1980-х. Поэтому имеются некоторые различия в расположении и форме административных границ, многие из которых были недавно изменены и продолжают меняться. Водохозяйственные элементы обычно плохо обозначены на картах более старых и более новых, с ошибками в обозначении (названии), месторасположении и форме. Во многих случаях недавно построенные элементы не показаны. Особенно это касалось рек, каналов, дрена не первого порядка и водохозяйственных элементов структуры сельскохозяйственного дренажа. Тем не менее, в целом все данные элементы отражены на карте в порядке важности для анализа в ИС.
- Данные и тематические карты значительно различаются по качеству и последовательности; множество данных требуется внести в дальнейшем из других источников, таких как спутниковые снимки.
- Табличные данные, предоставляемые различными учреждениями (например, позиции характеристик, принятых как створы), часто предоставлялись только с

приблизительными географическими координатами и должны быть адаптированы к приемлемой позиции в базе данных посредством ссылки на карты лучшего качества.

- Существуют различия между площадями поверхности, собранными нами в процессе подготовки базы данных, и площадями, вычисленными при помощи ГИС, особенно по административным, ирригационным зонам и зонам планирования. Эти различия использовались для проверки, как географических данных, так и табличных данных и с их помощью были сделаны исправления.
- Во время подготовки тематических карт (например, по почвам или землепользованию) встречались различия в классификации и сборе информации. Эти различия уже существовали в некоторых случаях в советский период. Если ГИС будет использоваться для автоматического представления тематических данных, тогда необходимо будет определить общие и стандартные схемы классификации.

Ввод данных. Для оцифровки геометрии можно использовать как Arc/Info, так и ArcView. Arc/Info более предпочтителен, когда результаты будут непосредственно представлены в формате покрытия, который имеет больше возможностей в обработке данных. ArcView также позволяет пользователю создать новые наборы данных или ввести данные с клавиатуры дигитайзера, но в результате можно получить только шейп-формат, который, однако, может быть конвертирован в покрытие формата Arc/Info. Основными шагами для оцифровки картографических данных являются:

- подготовка источников карт;
- определение набора равномерно распределенных реперных точек (не менее, чем четыре) для каждой карты в специальной геодезической картографической системе;
- создание пустого покрытия, содержащего определенные реперные точки. Покрытие может быть подготовлено так, чтобы содержать характеристики из набора нескольких смежных карт, что лучше слияния покрытий в единый лист геометрии смежных карт непосредственно в процессе оцифровки;
- оцифровка характеристик (точки, линии);

- проверка ошибок и проверка (данглы, открытые полигоны, пропущенные метки, лишние метки);
- создание топологии покрытия (тока, линия или полигон);
- добавление определенных пользователем столбцов, которые будут содержать коды для каждого объекта (связующие столбцы для привязки к базе данных Access и другие столбцы);
- проверка целостности и последовательности покрытия и значений, определенных пользователем столбцов в ArcView;
- проверка данных через связку с соответствующей табличной базой данных (используя связь ODBC), когда покрытие представляет характеристики, имеющиеся в базе данных Access.

Анализ данных. ГИС предоставляет большое разнообразие инструментов для пространственного анализа данных. Arc/Info, например, разрешает применение различных наложений (рис. 48-49.) в зависимости от необходимого типа объектов и типа пересечения:

- Buffer - создает буферные полигоны вокруг выбранных объектов покрытия;
- Identity - создает покрытие как результат наложения двух покрытий, сохраняются лишь те объекты второго покрытия, которые определяются границами первого покрытия;
- Intersect - создает покрытие как результат наложения двух покрытий, сохраняются только те характеристики области, которые являются общими для обоих покрытий;
- Union - создает покрытие как результат наложения двух покрытий, сохраняются все характеристики обоих покрытий.

Arc View делает такой же анализ, создавая результаты в форме shape-files. Как Arc/Info, так и ArcView имеют возможности для проведения статистического анализа, используя информацию, хранящуюся в табличных данных. Результат этого анализа может быть показан как в виде таблиц, суммирующих результаты, так и в виде графиков, например в ArcView.

Карты могут быть подготовлены как в Arc/Info (модуль Arc Plot), так и в ArcView ("Макеты"). ArcView позволяет лучше и более удобно объединить запрос данных, анализ и вывод результатов в форме карт, используя табличную информацию, поступающую из базы данных Access. Поэтому подготовка карт в Arc View более предпочтительна и удобна.

Связь табличных данных посредством ODBC. Для того чтобы связать данные ГИС с соответствующей базой данных, основанной на Access, следует:

- запустить программу связи ODBC 32бит в Windows под панелью системы. Создать специально названное соединение ODBC (например, "WATER"), используя драйвер Access и базу данных, которую хотим использовать (например, Water.mdb). Это наиболее удобный способ связать базу данных и ArcView. Проекты, использующие подготовленное соединение автоматически, повторно связываются с таблицами при загрузке. Новые связи ODBC могут распознаваться, только когда они созданы перед запуском ArcView. Возможно одновременное использование нескольких связей;
- обеспечить, чтобы атрибутивные таблицы покрытия содержали соответствующий столбец для связи (например, код области (Oblast Code), код водозабора (Intake Code) и т.д.);
- соединить базу данных Access, используя связь ODBC (меню "Project", "SQL-Connect", определить связь из списка, например "Water"), загрузить таблицу и ее столбцы, которые необходимы (столбцы-связи плюс другие, например, загрузить "Oblast", столбцы "Oblast Code", "NameEng", "NameRus") и хранить их в таблице "Oblast";
- присоединить новую загруженную таблицу с атрибутивной таблицей темы через связующий столбец: таблица атрибутивных данных с расширением RAT покрытия Ob_tad12 с вновь созданной таблицей "Oblast" через связующий столбец "Oblast Code";
- таблицы, загруженные из базы данных Access, не могут быть отредактированы.

4.5. Информационная система как инструмент принятия решения

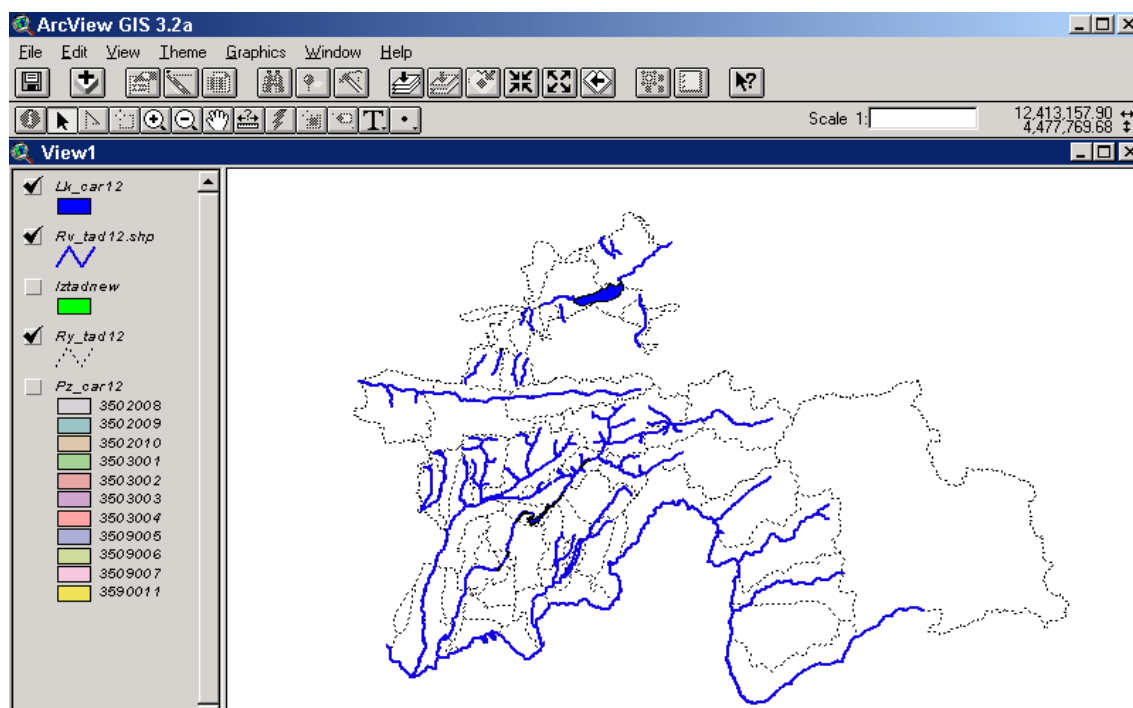
Среди различных областей применения математических методов и средств компьютерной техники имеется одна, которая с точки зрения человеческой деятельности является крайне важной. Это область **принятия решений** в ситуациях, когда последствия результатов выбора определенного курса действий могут быть очень серьезным. Назовем принятием решений особый вид

человеческой деятельности, состоящий в выборе одного из нескольких вариантов решений. Каждый, кто сталкивался с таким выбором при принятии деловых или личных решений, знает, сколь он сложен и сколько умственных усилий и душевных сил он требует. Любые методы, которые помогают человеку лучше понять, что он хочет и что у него есть, которые помогают оценить с единых позиций желаемые цели и имеющиеся ресурсы, являются не только полезными, но иногда и просто неоценимыми.

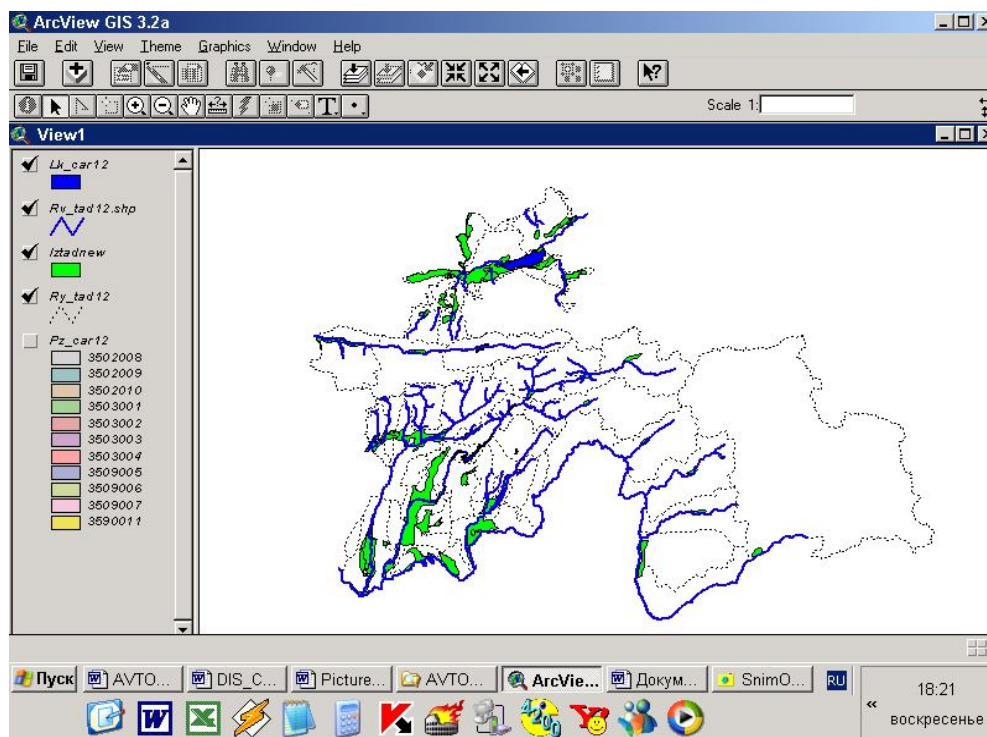
Проблема принятия решений ставится и рассматривается с единых позиций, вне зависимости от области конкретного приложения. Такая постановка вопроса вполне оправдана, так как уже накопилось немало доказательств того, что существуют общие черты и характеристики поведения людей при принятии экономических, политических, социальных, технических и даже личных решений. Общность поведения людей и общность требований к их поведению обуславливает единые методологические задачи, которыми и занимается теория принятия решений.

Всякое новое научное направление возникает на базе чего-то уже известного и, как правило, связано с другими направлениями. Несомненна связь принятия решений с исследованием операций, кибернетикой, искусственным интеллектом [Ларичев, Петровский, 1987, Сараев, 2006]. В то же время принятие решений имеет свои, отличные от прочих направлений задачи и свою логику развития.

Цель рассмотрения данного направления в рамках монографии состоит в том, чтобы классифицировать и анализировать существующие методы системы поддержки принятия решений (СППР), а также рассмотреть возможность применения этих методов в планировании и управлении водохозяйственных систем.

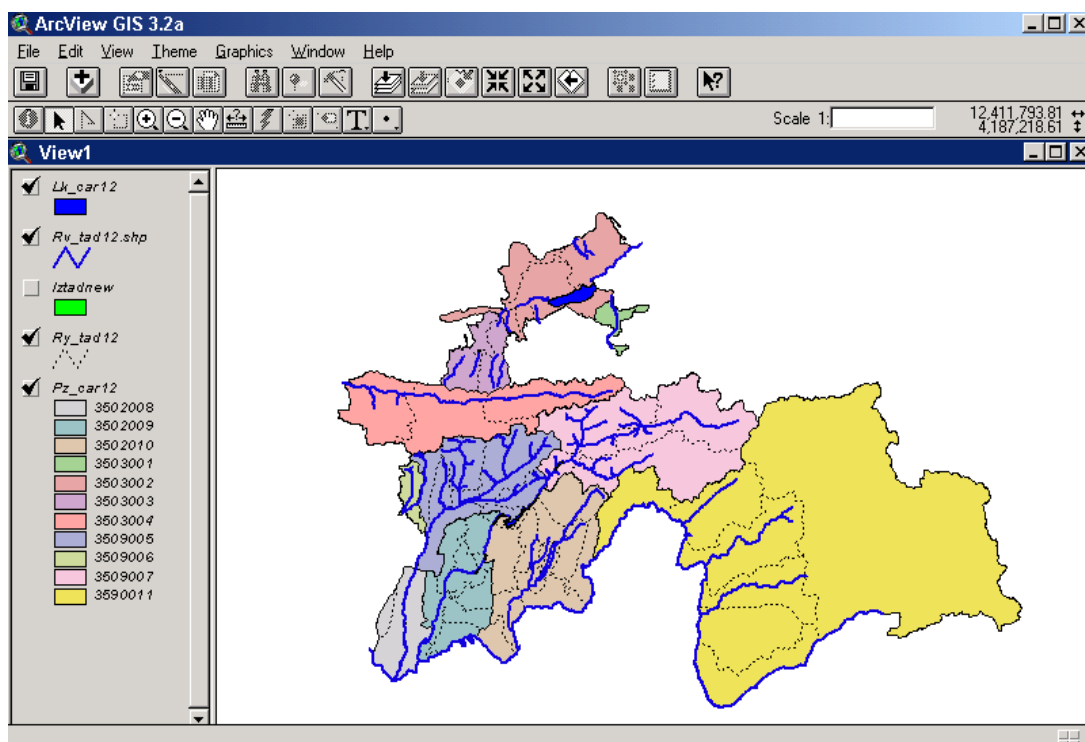


Наложение двух покрытий

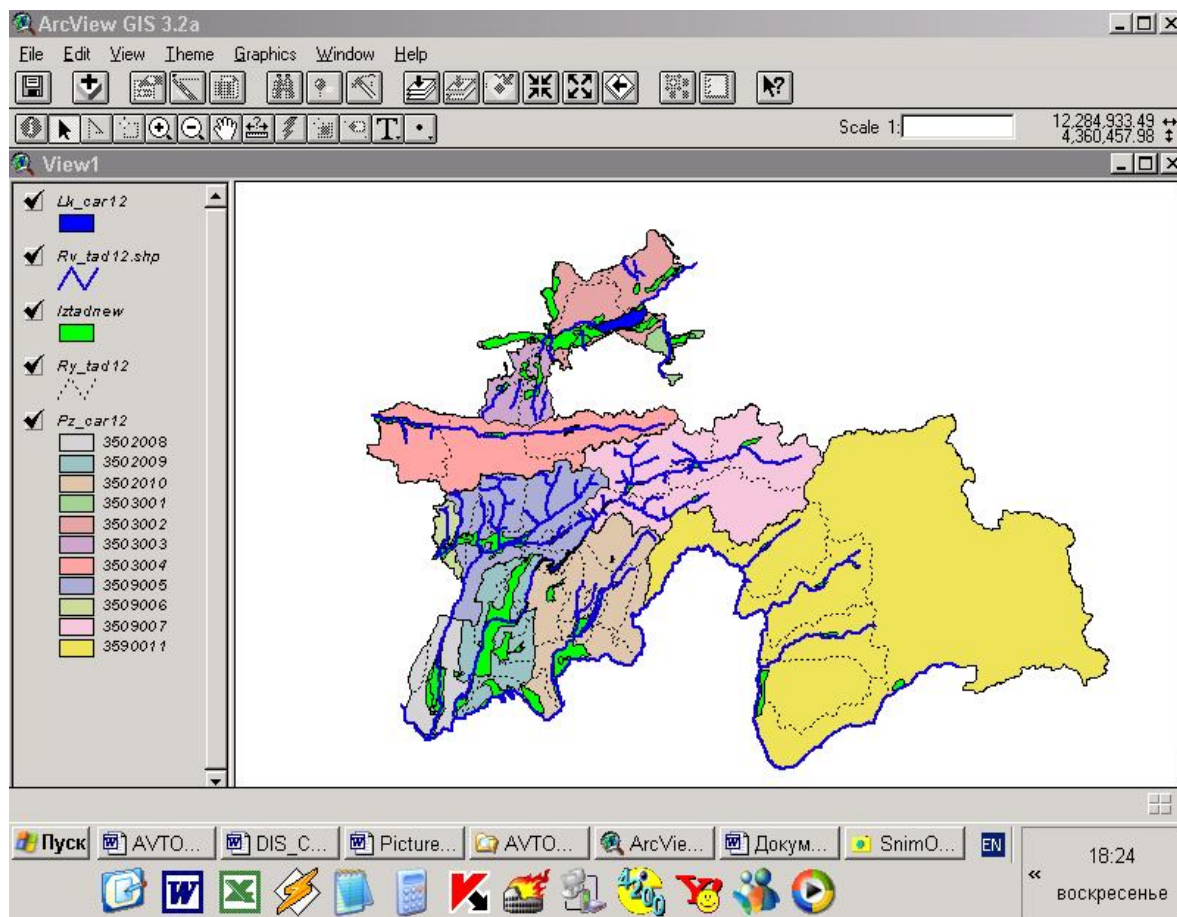


Наложение трех покрытий

Рис. 48. Разработка результирующих карт методом наложений (двух и трех) покрытий в среде ГИС.



Наложение четырех покрытий.



Наложение пяти покрытий.

Рис. 49. Разработка результирующих карт методом наложений (четырёх и пяти) покрытий в среде ГИС.

Пример построения СППР. Предлагается концептуальная схема, взаимодействия основных компонентов системы поддержки принятия решений (СППР), см. рис.50. СУБД основывается на методологии построения БД. Эффективное использование накопленных в различных ведомствах массивов информации (а ее количество обычно составляет несколько тысяч единиц хранения) стало возможным только при активном ее включении в технологию

обработки вычислительной техники и создании специального программного обеспечения.

При этом интерфейс системы предоставляет пользователю возможность работать в диалоговом режиме с БД для поиска приемлемых решений рассматриваемых задач с использованием математических моделей [Лотов и др., 1998, Наврузов, 1997; 2007].

Рассматриваются математические модели управления водными ресурсами трансграничного бассейна как природного объекта, сток поверхностных вод которого в основном регулируется посредством аккумулирующих емкостей (водохранилищ). Применение математических моделей и компьютерных технологий обеспечивает совершенствование правил управления водохранилищами при единообразном подходе к их составлению с учетом специфики водных объектов, расположенных как в национальных, так и в трансграничных бассейнах [Наврузов, 2006; 2007].

В рамках концептуальной схемы был разработан компьютерный инструментарий, предназначенный для моделирования различных сценариев водodelения между государствами бассейна трансграничной реки. Поиск компромиссных решений по удовлетворению требований водопользователей основывается на национальных интересах государств, прилегающих к бассейну трансграничной реки.

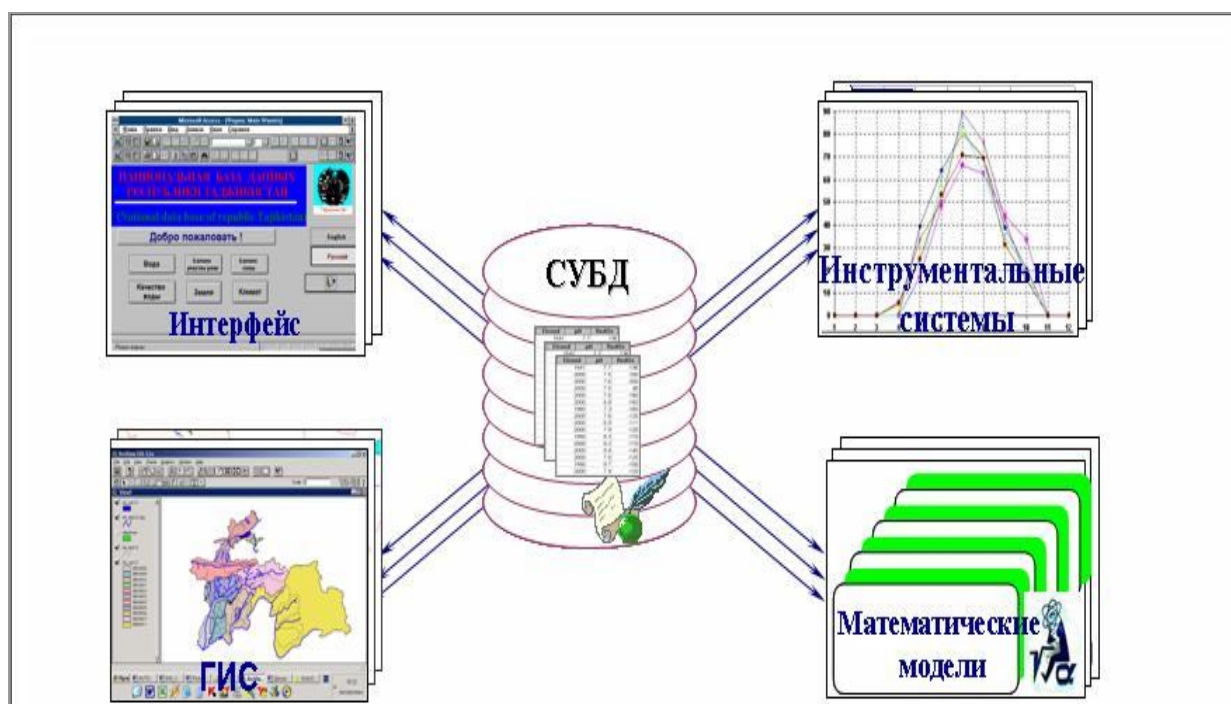


Рис. 50. Концептуальная схема СППР.

Основу компьютерной системы составляют математические модели управления режимами работы водохранилищ с учетом сбалансированного удовлетворения потребностей ирригации и гидроэлектроэнергии.

Апробация разработанной модели осуществлена на примере трансграничного бассейна реки Сырдарьи в Центральной Азии, включающего Кыргызстан, Таджикистан, Узбекистан и Казахстан.

Компьютерный инструментарий был разработан на основе объектно-ориентированного языка Delphi. Входная форма содержит два пункта: *короткая информация о компьютерной системе “ComSol” (Compromise Solution) и собственно вход в систему.* Сначала пользователю предоставляется возможность ознакомиться с основными возможностями компьютерной системы, выбрав пункт “Компьютерная система «ComSol»”. Далее осуществляется вход в систему простым нажатием кнопки “Вход в систему”.

В дальнейшем при описании функционирования компьютерного инструментария “Управление трансграничными водными ресурсами” будем использовать иллюстрации основных форм-блоков системы, с тем, чтобы пользователям было понятно и наглядно.

Главное меню компьютерной системы состоит из пяти блоков: “Сценарии”, “Управление”, “Визуализация”, “Справочные материалы” и “Помощь”.

Блок “Сценарии” предназначен для рассмотрения различных сценариев водodelения между государствами трансграничного бассейна. Модель представляется в виде системы из трех государств – водопотребителей А, В и С, из которых А расположено в зоне формирования стока, В - в среднем течении и С – в зоне потребления водных ресурсов. Сток может регулироваться водопользователем В с помощью расположенных на его территории водохранилищ. Приток в водохранилище формируется попусками воды из вышележащих водохранилищ, расположенных на территории государства А.

Структура главного меню пользователя (рис. 51) основывается на блочно-иерархическом принципе, когда пользователь может

выбрать тот или иной пункт меню произвольно, или же на основе строго упорядоченной

Предполагается, что пользователи А и В заинтересованы в реализации такого режима управления водохранилищем, который обеспечивает их потребности в выработке электроэнергии. Предполагается также, что интересы пользователя С заключаются в обеспечении его потребностей в ирригации. Рассматриваются четыре сценария водodelения между государствами (рис. 52).

Следует заметить, что все сценарии водodelения рассмотрены на примере трансграничного бассейна р. Сырдарьи, где функционируют водохранилища: Токтогульское в Кыргызстане и Кайраккумское в Таджикистане.

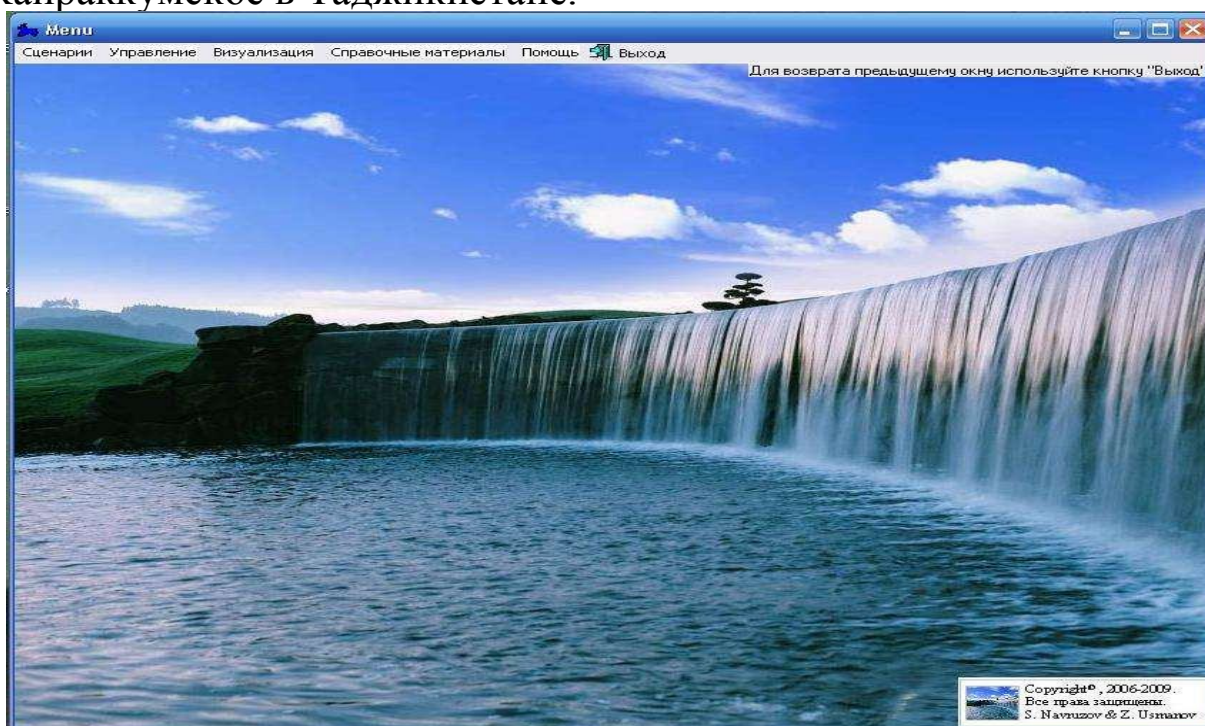


Рис. 51. Структура главного меню пользователя.

Также в рамках рассмотренных сценариев пользователю предоставляется возможность вводить в качестве значений притока и ппуска либо сформулированные данные (отдельно для каждого сценария), либо собственные данные. При выборе собственных данных пользователь может работать с многолетним притоком. Для удобства работы пользователя предусмотрена функция “Считывание”, обеспечивающая работу системы на базе сформулированных данных.



Рис. 52. Сценария водodelения между государствами.

Первый сценарий. Предполагается, что режим работы водохранилищ - ирригационный (то есть. работающих в запроектированном режиме). В качестве притока в водохранилище, расположенного на территории государства В, рассматривается среднегодовое приток, образующийся вследствие попуска воды из водохранилищ, расположенных на территории государства А, работающих в запроектированном режиме. В качестве попуска воды из водохранилища рассматривается среднегодовое попуск, образующийся вследствие работы водохранилища, расположенного на территории государства В, работающего в запроектированном режиме.

Второй сценарий. Предполагается, что режим работы водохранилищ – энергетический. В качестве притока в водохранилище, расположенного на территории государства В, рассматривается среднегодовое приток, образующийся вследствие попуска воды из водохранилищ, расположенных на территории государства А, работающих в энергетическом режиме и ориентированы на удовлетворение собственной потребности в выработке электроэнергии. В качестве попуска воды из водохранилища рассматривается среднегодовое попуск в энергетическом режиме, который ориентирован на удовлетворение собственной потребности в выработке электроэнергии.

Третий сценарий. Режим работы водохранилища ирригационно-энергетический. В качестве притока в водохранилище, расположенного на территории государства В,

рассматривается среднемноголетний приток, образующийся вследствие попуска воды из водохранилищ, расположенных на территории государства А, работающих в запроектированном режиме. В качестве попуска воды из водохранилища рассматривается среднемноголетний попуск в энергетическом режиме, ориентированный на удовлетворение собственной потребности в выработке электроэнергии.

Четвертый сценарий. Режим работы водохранилища энерго-ирригационный. В качестве притока в водохранилище, расположенного на территории государства В, рассматривается среднемноголетний приток, образующийся вследствие попуска воды из водохранилищ, расположенных на территории государства А, работающих в энергетическом режиме, которые ориентированы на удовлетворение собственной потребности в выработке электроэнергии. В качестве попуска воды из водохранилища рассматривается среднемноголетний попуск, образующийся вследствие работы водохранилища, расположенного на территории государства В, работающего в запроектированном режиме.

Управление. После выбора одного из сценариев вододеления осуществляется управление водохранилищем (рис. 53). Пользователю предоставляется возможность выбрать основные параметры водохранилища (*в качестве примера приведены максимальные и минимальные величины объема воды в Кайраккумском водохранилище*).

При заданном значении объема воды в водохранилище решается задача поиска такого управления водохранилищем, которое удовлетворяло бы потребностям орошаемого земледелия и гидроэнергетики (рис. 54).

Пользователь путем выбора начального объема воды в водохранилище может выполнить новый расчет. Для этого следует нажать кнопку “Обновление”. Результатом является обеспеченность удовлетворения требований водопотребления в нижнем бьефе водохранилища (в процентах).

Визуализацию проведенных расчетов пользователь может анализировать в блоке “Визуализация”, где графически и в табличном виде выводится необходимая информация, то есть результат расчетов для выбранного сценария вододеления. Картографические и линейные схемы для бассейна трансграничных рек Центральной Азии также представлены в этом

блоке. Описание модели и ее концептуальной схемы представлено в блоке “Справочные материалы”. Вспомогательную информацию пользователь может получить путем выбора блока “Помощь”.

Разработка сценария водопользования является важной составляющей для принятия решений по оценке водного баланса в бассейне трансграничной реки Сырдарья. Интересы стран зоны формирования сосредоточены на энергетическом использовании водных ресурсов, в то время как страны зоны потребления используют водные ресурсы бассейна для удовлетворения требований орошаемого земледелия. В этих условиях имеет место конфликт интересов.

В этой связи основной задачей является нахождение приемлемых вариантов сотрудничества стран по использованию водных ресурсов рассматриваемого бассейна, которые способствуют смягчению напряженности в регионе. Для этого, в принципе, предлагается **данная компьютерная система**, с помощью которой можно осуществлять компьютерное моделирование возможных сценариев водопользования, в процессе которого пользователи данной системы смогут промоделировать различные ситуации использования воды, ее распределение между водопотребителями и водопользователями, а также определить баланс воды в выбранных бассейновых участках трансграничной реки.

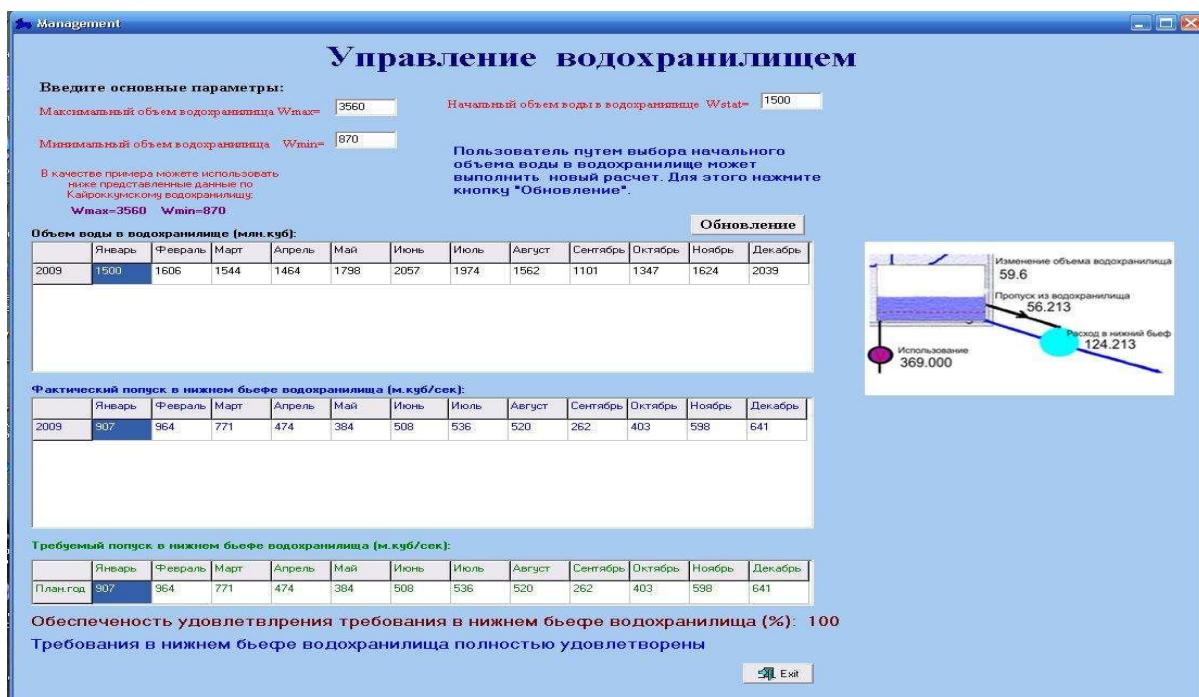


Рис. 53. Управление водохранилищем.

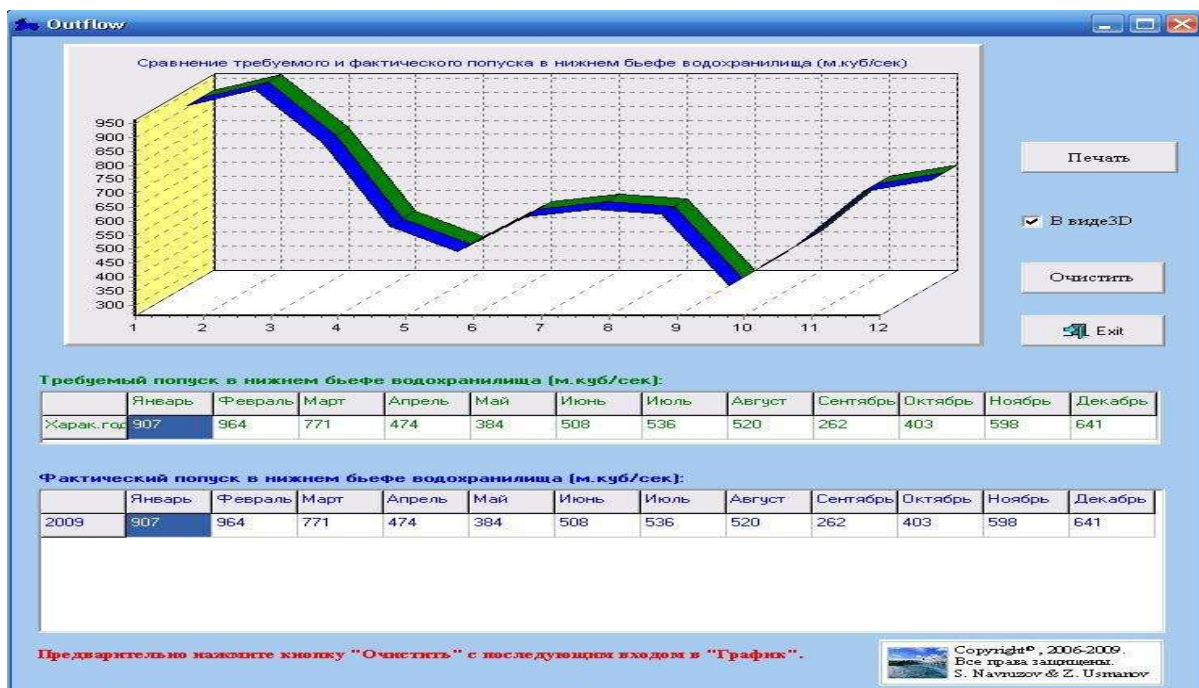


Рис. 54. Задача удовлетворения требований орошаемого земледелия и гидроэнергетики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последнее время возросшие антропогенные нагрузки на природу привели в ряде случаев к негативным экологическим последствиям, преодоление которых требует изменения отношения общества к влиянию хозяйственной деятельности на состояние природных объектов. В связи с этим изменились оценки водохозяйственной системы как природно-технических систем и возникли проблемы их устойчивого развития – достижения поставленных целей при согласованности экономических и экологических потребностей. Одной из основных проблем в настоящее время является задача нахождения компромиссных решений при управлении водными ресурсами трансграничных рек.

В монографии рассматриваются проблемы межгосударственных отношений, связанных с целым рядом особенностей в управлении водными ресурсами трансграничных рек, в рамках которых, в частности, не решены проблемы дележа воды, ответственности “соседей” (суверенные государства) за качество воды в пограничных створах и т.п. Рассматриваются также экономические аспекты использования водных ресурсов трансграничных речных бассейнов, где предлагаются различные модули, основная идея которых заключается в экономической эффективности использования воды, как

в плане ее оптимального распределения, так и в определении цены на воду.

Большое количество воды позволит сэкономить реконструкция оросительных систем, в которых вода теряется за счет фильтрации через стенки и дно каналов, а также за счет испарения. Правда, на масштабную программу технической модернизации существующих гидротехнических сооружений и строительство, новых у стран региона потребуется дополнительное финансирование. С этой точки зрения рассмотренные задачи оптимального управления подачи водных ресурсов для зон планирования, полагая, что данная территория зоны планирования покрыта двумя множествами оросительных систем, забирающих воду из местных и трансграничных источников, являются несомненным продвижением с позиции теории разработок экономико-математических моделей. Модули экономической оценки использования водных ресурсов являются существенным фактором определения рациональности использования воды в речных бассейнах.

Реализация системного подхода при изучении проблемы управления водными ресурсами трансграничных рек позволяет сочетать количественные, качественные и структурные связи рассматриваемых систем, учитывая при этом, что часть этих всязей не поддается формализации. Понимая, что на сегодняшний день не существует единой технологии управления водными ресурсами трансграничных рек, где четко был бы определен механизм вододеления, обеспечивающий гарантированный выигрыш каждого из участников, в монографии предлагается методика нахождения компромиссного решения распределения объемов потребляемой воды между государствами трансграничного бассейна на уровне согласования управлений зонами потребления и формирования.

Материалы монографии иллюстрируют сформулированные позиции и могут служить научной базой для развития теории управления водными ресурсами трансграничных рек на основе международного права, а также углубленного математического описания природных процессов. Весьма эффективным и перспективным представляется синтез предложенных аналитических методов, методов оптимизации и имитационного моделирования на базе технологии географической информационной системы, которая базируется на известных принципах теории управления организационно-техническими системами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абдусаматов М. Исследования влияния внутрихозяйственного водопользования на мелиоративное состояние орошаемых земель Таджикистана. – Душанбе: “Дониш”, 1989 - 55с.

Агасандян Г.А. Алгоритмы построения диспетчерских правил управления для каскадов водохранилищ. // Водные ресурсы. 1985, №5 - С. 34-47.

Агасандян Г.А. Некоторые вопросы управления водохранилищами. – М.: ВЦ АН СССР, 1986 - 40 с.

Агасандян Г.А. Описания правил управления каскадами водохранилищ. - М.: ВЦ АН СССР, 1987 - 33 с.

Агасандян Г.А. Управления каскадами водохранилищ в условиях избыточной приточности // Водные ресурсы. 1987, №3 - С. 13-22.

Агасандян Г.А. Методика построения диспетчерских правил управления каскадами водохранилищ. – М.: ВЦ АН СССР, 1984 - 39 с.

Агасандян Г.А. О принципах построения диспетчерских правил управления режимом работы Волжско-Камского каскада водохранилищ (информационный аспект). - М.:ВЦ АН СССР, 1983 - 15с.

Агасандян Г.А. Оптимизация в стохастических динамических системах при отсутствии вероятностного описания внешних воздействий. – Киев: Международная конференция “Стохастическая оптимизация”. Тезисы докладов, ч. I, 1984 - с. 9-10.

Алексеев В.М., Тихомиров В.М., Фомин С.В. Оптимальное управление. – М.: Наука, 1979 - 410 с.

Асарин А.Е., Бестужева К.Н. Водноэнергетические расчеты. – М.: Энергоатомиздат, 1986 - 224 с.

Бабаев М.В. Результаты изучения испарения с поверхности почвы в западной части Ферганской котловины. - В кн.: Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии Таджикистана.- Душанбе: Управление геологии и охраны недр Тадж.ССР, 1965 - с.64-88.

Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. – М.: Наука, 1965 - 458 с.

Беллман Р., Колаба Р. Динамическое программирование и современная теория управления. – М.: Наука, 1969 - 118 с.

Бончковский Ф.Н., Кутеминский В.Я. Природно-хозяйственное районирование Таджикской ССР//Изв.Отд.с.-х. и биолог.наук АН Таджикской ССР.- Вып.3(6), 1961 - С.3-13.

Бурков В.Н., Гувески В.И., Нанева Т.Б., Опойцев В.И., Попчев И.П., Цветанов И.П. Распределение водных ресурсов//Автоматика и телемеханика. № 1, 1980 - с.81-90.

Бурков В.Н., Кондратов В.В. Механизмы функционирования организационных систем. - М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1981 - 384 с.

Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: Состояние и перспективы. М.: Синтез, 1999 - 128 с.

Ваксман Э.Г. Мелиорация засоленных почв Юго-Западного Таджикистана. - Душанбе: Дониш, 1976 - 210 с.

Ваксман Э.Г. Пути оптимизации приемов мелиорации засоленных земель в условиях Таджикистана. Обзорная информация. - Душанбе, 1982 - 40 с.

Васильчикова С.И. Серо-бурые почвы//Таджикистан. - Душанбе: Дониш, 1982.

Ватель И.А. Ерешко Ф.И. Математика конфликта и сотрудничества. – М.: Знание, 1973 - 64 с.

Ватель И.А., Ерешко Ф.И., Кононенко А.Ф. Игры с фиксированной последовательностью ходов и иерархические системы управления в экономике. В сб. “Методы оптимизации и их применения”- Иркутск, Изд. СЭИ, 1974.

Вейскас Д. Эффективная работа с Microsoft Access 2/ Пер. с англ. – СПб.: Питер, 1995 - 864 с.

Великанов А.Л. Экономические обоснование расчетной обеспеченности в водохозяйственных комплексах // Оптимизация параметров и режимов компонентов водохозяйственного комплекса. – М.: Изд-во ЭНИН, 1973 - С.13-37.

Великанов А.Л., Коробова Д.Н., Пойзнер В.И. Моделирования процессов функционирования водохозяйственных систем. – М.: Наука, 1983 - 271 с.

Внутрихозяйственное водопользование в Гиссарской долине. Труды Сельхозинститута. - Душанбе, 1988.

Водохозяйственные расчеты методом Монте-Карло. Под.ред. А.Ш. Резниковского. – М.: Энергия, 1969.

Воропаев Г.В., Исмаилов Г.Х., Федоров В.М. Проблемы управления Арало-Каспийского региона. М. : Наука, 2003 - 427 с.

Воропаев Г.В., Исмайлов Г.Х., Федоров В.М. Развитие водохозяйственных систем (Методы анализа и оценки эффективности их функционирования). – М.: Наука, 1989 - 295 с.

Гермейер Ю.Б. Ватель А.И. Игры с иерархическим вектором интересов. Изв. АН СССР, Техническая кибернетика, № 3, 1974 - с. 54-69.

Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. – М.: Наука, 1971- 384 с.

Гермейер Ю.Б. Тезисы о принятии решений в играх с непротивоположными интересами. Известия высших учебных заведений. Радиофизика 15, № 7, 1972 - с. 972-981.

Гермейер Ю.Б., Моисеев Н.Н. О некоторых задачах теории иерархических систем управления. Сб. “Проблемы прикладной математики и механики”- М.: Наука, 1971.

Глобальная экологическая перспектива 3. - М.: ИнтерДиалект, 2002 - 504 с.

Горстко А.Б., Домбровский Ю.А., Сурков Ф.А. Модели управления эколого-экономическими системами. - М.: Наука, 1984 - 118 с.

Гуглий И.В. К расчету многолетнего регулирования речного стока с учетом коррелятивных связей между величинами стока смежных лет. В. сб.: “Проблемы регулирования речного стока”, вып.8. - М.: Изд-во АН СССР, 1959.

Данилов-Данильян В.И. Устойчивое развитие (теоретико-методологический анализ)//Экономика и математические методы. т. 39. № 2, 2003 - С.123-135.

Данилов-Данильян В.И., Хранович И.Л. Производственные функции в условиях неопределенности//Экономика и математические методы. т 43, №1, 2007 - С. 16-26.

ДеМерс, Майкл Н. Географические информационные системы. Основы. Пер. с англ. – М.: Изд-во Дата+, 1999 - 490 с.

Джен Л. Харрингтон. Проектирование реляционных баз данных. - М.: Лори, 2000.

Доммулажанов Х.Д., Сатибалдиев С. Оптимальные режимы орошения люцерны в Гиссарской долине. Сельское хозяйство Таджикистана, №2, 1985.

Домулложанов Х.Д. Режим орошения основных сельскохозяйственных культур в Таджикистане. – Душанбе: Дониш (в двух частях), 1992.

Дубовицкий А.Я., Милютин А.А. Необходимые условия слабого экстремума в общей задаче оптимального управления. – М.: Наука, 1971- 112с.

Ерешко Ф.И. Иерархические декомпозиции в водохозяйственных задачах. Сообщения по прикладной математике. – М.: ВЦ АН СССР, 1984 - 45 с.

Ерешко Ф.И. Применение исследование операций для решения экономических задач, Сб. “Методы оптимизации и приложения”. - Иркутск, 1998 - 16 с.

Ерешко Ф.И., Горелов М.А., Наврузов С.Т. Математическое обоснование кооперации при использовании водных ресурсов бассейнов трансграничных рек // Доклады АН Республики Таджикистан, 2008, т. 51, №6 - С. 412-420.

Ерешко Ф.И., Каменский А.С. Системный анализ и компьютеризация в сельском хозяйстве. Предисловие к книге Франс Дж., Торили Дж.Х. Математические модели в сельском хозяйстве. - М.: Агропромиздат, 1987.

Ерешко Ф.И., Наврузов С.Т. Принципы кооперации при использовании водных ресурсов бассейнов трансграничных рек//Доклады АН Республики Таджикистан, 2008, т. 51, №4 - С. 253-260.

Ерешко Ф.И., Пряжинская В.Г. Концепция системы поддержки принятия водохозяйственных решений в бассейне р. Волги//Мелиорация и водное хозяйство, 1998, № 3 - С.11-13.

Карлин С. Математические модели и методы в теории игр, программировании и экономике. - М.: Мир, 1964 - 410 с.

Конвенция ЕЭК ООН по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер. Хельсинки, 1992 - С. 3.

Коробова Д.Н., Пойзнер В.И., Меньшиков И.С., Чабан А.Н. О построении диспетчерских графиков работы водохранилищ//Водные ресурсы. №2, 1986 - С. 151-161.

Королев Ю.К. Общая геоинформатика. Ч.1: Теоретическая геоинформатика.- М.: Дата+, 1998 - 118 с.

Кошкарев А.В., Каракин В.П. Региональные геоинформационные системы. – М.: Наука, 1987 - 316 с.

Красовский Н.Н., Субботин А.И. Позиционные дифференциальные игры. – М.: Наука, 1974 - 456 с.

Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Водохозяйственные расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1952 - 302 с.

Кукушкин Н.С. Аналитические модели оптимизации стратегии управления гидроэлектростанциями. - М.: ВЦ АН СССР, 1986 - 32 с.

Кукушкин Н.С., Наврузов С.Т. К проблеме рационального управления каскадом высокогорных гидроэлектростанций // Докл. АН Тадж ССР, т.31. 1988, №10 - С. 641-643.

Кутеминский В.Я., Леонтьева Р.С. Почвы Таджикистана. - Душанбе: Ирфон, 1966.

Ларичев О.И., Петровский А.В. Системы поддержки принятия решений. Современное состояние и перспективы их развития // Итоги науки и техники. Сер.Техническая кибернетика. - Т.21. М.: ВИНТИ, 1987.

Лаукс Д., Стединжер Дж., Хейт Д. Планирование и анализ водохозяйственных систем. – М.: Энергоатомиздат, 1984 - 400 с.

Литвинов Н.В., Гулов Т. Пути повышения урожайности люцернового клина в хлопковом севообороте. Тематический сборник научных трудов. т. IX. Кормовые культуры. - Душанбе, 1980.

Лотов А.В., Бушенков В.А., Черных О.Л. Структура и опыт использования компьютерной системы поддержки поиска водохозяйственных стратегий // Научно-техническая информация, серия 2. Информационные процессы и системы. 1998, №3 - С.1-10.

Материалы проекта ВАРМАП-1, проект 2а “Стратегия использования и управления водными и земельными ресурсами”, 1995.

Меньшиков И.С., Меньшикова О.Р. Методы оптимального управления и дифференциальных игр в задачах управления каскадом водохранилищ. Сообщения по прикладной математике. – М.:ВЦ АН СССР, 1983 - 20 с.

Меньшиков И.С., Чабан А.Н. Диспетчерские правила управления водохранилищем многолетнего регулирования. Сообщение по прикладной математике, ВЦ АН СССР. - М., 1985 - 46 с.

Меньшиков И.С., Чабан А.Н. Программа построения диспетчерских правил управления водохранилищем для нескольких уровней отдачи. – ГосФАП, 1985- 14 с.

Методы расчета в задачах управления режимами водохранилищ / Г.А. Агасандян, И.И. Гасанов, И.С. Меньшиков и др.: Под ред.

В.А. Мельникова // Кибернетика и вычислительная техника.- М.: Наука, Вып.3, 1987 - С.57-100.

Минкин Е.Л., Хранович И.Л. Учёт взаимодействия поверхностных и подземных вод в математической модели выбора оптимальных параметров водохозяйственной системы // Водные ресурсы, 1996, т.23, №3 - С. 376-382.

Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981 - 488 с.

Мосевич К.К. Имитационная модель водобалансовых расчетов. Сообщения по прикладной математике. – М.: ВЦ РАН, 1999 - 27 с.

Наврузов С.Т. Аналитическое исследование одной задачи управления каскадом водохранилищ // Материалы конференции молодых ученых АН Таджикской ССР. – Душанбе, 1987 - С. 97.

Наврузов С.Т. Вопросы разработки системы поддержки принятия решений в управлении трансграничными водными ресурсами // Материалы научной конференции ученых ТГНУ.- ТНГУ, Душанбе, 2007- С. 48.

Наврузов С.Т. Геоинформационная система управления водными ресурсами речного бассейна // Материалы научной конференции “Вопросы ресурсного обеспечения информационно-коммуникационных технологий в образовании”, посвященной 10-летию РТСУ. - РТСУ, Душанбе, 2006 - С. 65-68.

Наврузов С.Т. Диалоговая имитационная система управления каскадом водохранилищ. Сообщения по прикладной математике. – М.:ВЦ АН СССР, 1990 - 32 с.

Наврузов С.Т. Диалоговая имитационная система управления линейным каскадом водохранилищ комплексного назначения // ВНИТИЦ. ГосФАП. Регис.№50870001115, Информационный бюллетень “Алгоритмы и программы”. 1988, №2 - С. 34.

Наврузов С.Т. Имитационные модели управления водохранилищами в бассейне трансграничных рек// Сборник научных трудов ИЭТ, выпуск №10, часть – I - Душанбе, 2008 - С. 135-145.

Наврузов С.Т. К вопросу о моделировании трансграничных водных ресурсов//Материалы второй международной конференции “Математическое моделирование и компьютерные эксперименты” ICMMSE – 2000. - Душанбе, 2000 - С. 47-49.

Наврузов С.Т. Качественное исследование одной задачи оптимального управления каскадом водохранилищ // Изв. АН РТ. Отд-ние физ.-мат., хим. и геол.наук, 1990, № 2 (116) - С. 10-15.

Наврузов С.Т. Комплексный подход к проблеме управления водными ресурсами трансграничных рек//Экономика и математическое моделирование, № 3. – Майкоп, 2006 - С. 60-69.

Наврузов С.Т. Комплексный подход к экономической оценки использования водных ресурсов трансграничного бассейна // Сборник научных трудов ИЭТ, выпуск №9, часть-I.- Душанбе, 2007 - С.327-336.

Наврузов С.Т. Компьютерное моделирование в управлении водными ресурсами трансграничных рек Центральной Азии. Вторая Международная конференция “Управление трансграничными водными ресурсами” 03-04 июня 2010, Москва.

Наврузов С.Т. Конфликты и компромиссы при управлении водными ресурсами трансграничных рек//Вестник ТЭИ, №5. - Душанбе, 2009 - С. 100-108.

Наврузов С.Т. Математические модели рационального использования водных ресурсов трансграничных рек//Вестник ТНУ (научный журнал) 3 (59), серия естественных наук, ISSN 2074-1847, 2010 - С. 64-72.

Наврузов С.Т. Модельные задачи управления водохранилищами// Прикладные аспекты информатики и математические методы в экономике. Материалы международной научно-практической конференции.- ТЭИ, Душанбе, 2008 - С. 148-156.

Наврузов С.Т. Математические модели управления водными ресурсами трансграничных рек//Материалы международной научно-практической конференции “Математические проблемы технической гидромеханики, теории фильтрации и орошаемого земледелия”, посвященной 70-летию доктора технических наук, профессора Сатторова М.А. – ИМ АН РТ, Душанбе, 2008 - С. 32-35.

Наврузов С.Т. Математические модели управления трансграничных водных ресурсов // Дифференциальные и интегральные уравнения и смежные вопросы анализа. Материалы международной научной конференции. - ТГНУ, Душанбе, 2005 - С. 120.

Наврузов С.Т. Математическое моделирование в управлении водными ресурсами трансграничных рек // Вестник ТЭИ, №2. - Душанбе, 2008 - С. 654-668.

Наврузов С.Т. Методы расчета правил управления каскадом водохранилищ ирригационно-энергетического назначения // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата ф.-м. наук – М., 1988. – 14 с.

Наврузов С.Т. Моделирование дефежа воды в бассейнах трансграничных рек Центральной Азии. Известия АН РТ, № 3, 2010 - С. 26-36.

Наврузов С.Т. Модельная задача управления одиночного водохранилища // Материалы республиканской научной конференции “Комплексный анализ и неклассические системы дифференциальных уравнений”, посвященной 75-летию со дня рождения академика Джураева А.Д. – ИМ АН РТ, Душанбе, 2007 - С. 46-48.

Наврузов С.Т. Модельные задачи распределения трансграничных водных ресурсов//Материалы научной конференции “Вопросы ресурсного обеспечения информационно-коммуникационных технологий в образовании”, посвященной 10-летию РТСУ. – РТСУ, Душанбе, 2006 - С. 69-71.

Наврузов С.Т. Некоторые вопросы управления водохранилищ трансграничного бассейна//Материалы Апрельской научной конференции ученых ТГНУ.- ТГНУ, Душанбе, 2007 - С. 45.

Наврузов С.Т. О диспетчерском классе правил управления каскадом водохранилищ // Прикладные вопросы математики. - Душанбе: Дониш, 1991 - С. 1-7.

Наврузов С.Т. Об одной теоретико-игровой модели распределения водных ресурсов в бассейне трансграничной реки // Материалы международной научно-практической конференции “Математические проблемы технической гидромеханики, теории фильтрации и орошаемого земледелия”, посвященной 70-летию доктора технических наук, профессора Сатторова М.А. – ИМ АН РТ, Душанбе, 2008 - С. 39-42.

Наврузов С.Т. О качественном исследовании задач управления одиночного водохранилища// Изв. АН РТ. Отд-ние физ.-мат., хим. и геол.наук, 1990, № 3 (117) - С. 17-20.

Наврузов С.Т. О синтезе оптимального управления каскадом водохранилищ // Доклады АН Республики Таджикистан. 2005, т. XLVI, №3 -4 - С. 68-74.

Наврузов С.Т. О создании геоинформационной системы управления водными ресурсами трансграничных рек // Сборник научных трудов ИЭТ, выпуск №10, часть-I - Душанбе, 2008 - С. 124-134.

Наврузов С.Т. Об одной задаче распределения водных ресурсов между водопользователями // Доклады АН Республики Таджикистан, 2007, т. 50, №8 - С.660-664.

Наврузов С.Т. Об одной задаче управления водохранилищем методом динамического программирования // Доклады АН Республики Таджикистан. 1994, т. 37, №3-4 - С. 17-20.

Наврузов С.Т. Об одном методе построения диспетчерских правил управления каскадом водохранилищ ирригационно-энергетического назначения // Докл. АН Тадж. ССР. т.29. №5, 1986 - С. 258-261.

Наврузов С.Т. Об одном методе построения зоны гарантированных отдач для линейного каскада водохранилищ // Материалы Республиканской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 70-летию комсомола. Секция информатики – Душанбе, МИ с ВЦ АН РТ, 1988 - С. 45.

Наврузов С.Т. Об одном методе построения зоны гарантированных отдач для линейного каскада водохранилищ // Докл. АН Тадж. ССР, т.33. №3, 1990 - С. 153-157.

Наврузов С.Т. Об одном подходе к решению задач управления водохозяйственных систем // Математические проблемы экологии. Тезисы докладов 4-й школы. – Душанбе, 1991 - С.71.

Наврузов С.Т. Об одном приложении теории игр к задачам управления трансграничных водных ресурсов//Материалы второй международной конференции “Математическое моделирование и компьютерные эксперименты” ISMMSE – 2000. - Душанбе, 2000 - С. 50-52.

Наврузов С.Т. Об управлении каскадом водохранилищ многоцелевого назначения // Доклады АН Республики Таджикистан, 2007, т. 50, №9-10 - С. 733-739.

Наврузов С.Т. Оптимизационные задачи управления каскадом водохранилищ многоцелевого назначения // Доклады АН Республики Таджикистан. 1997, т.39, №5 - С. 125-130.

Наврузов С.Т. Оптимизационные модели управления водно-энергетических ресурсов трансграничного бассейна р. Сырдарья // Вестник ТЭИ, №1. – Душанбе, 2007 - С. 82-85.

Наврузов С.Т. Опыт использования географической информационной системы (ГИС) в задачах рационального использования трансграничных водных ресурсов//Математическое моделирование и информационные технологии в социально-экономических системах. Материалы международной научной конференции. Душанбе, 2005 - С. 138.

Наврузов С.Т. Особенности управления водными ресурсами трансграничных рек//Прикладные аспекты информатики и математические методы в экономике. Материалы международной научно-практической конференции.- ТЭИ, Душанбе, 2008 - С. 52-63.

Наврузов С.Т. Применение персональных компьютеров при решении задач управления линейным каскадом водохранилищ // Материалы Республиканской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Душанбе, 1987 - С. 86.

Наврузов С.Т. Разработка компьютерного инструментария по управлению водными ресурсами трансграничных рек. // Материалы научно-практической конференции “Современные методы управления в реальной экономике Республики Таджикистан”. – РТСУ, Душанбе, 2009 - С. 198-207.

Наврузов С.Т. Разработка основ управления трансграничными водными ресурсами средствами математического моделирования // Материалы международной научной конференции “Актуальные вопросы математического анализа, дифференциальных уравнений и информатики”, посвященной 70-летию академика Академии наук Республики Таджикистан Усманова З.Д. – ИМ АН РТ, Душанбе, 2007 - С. 66-68.

Наврузов С.Т. Расчет правил управления каскадом водохранилищ ирригационно-энергетического назначения. Сообщения по прикладной математике. – М.:ВЦ АН СССР, 1986 - 20 с.

Наврузов С.Т. Системный подход к моделированию процессов управления водными ресурсами Республики Таджикистан // Водные ресурсы Центральной Азии и их рациональное использование. Тезисы докладов международной конференции. - Душанбе, 2001 - С. 125.

Наврузов С.Т. Системный подход к проблеме управления и использования водных ресурсов трансграничных речных бассейнов// Материалы научной конференции “Математика и информационные технологии” - ИМ АН РТ, Душанбе, 2006 - С. 58.

Наврузов С.Т. Создание диалоговой имитационной системы управления каскадом водохранилищ на базе персонального компьютера // XVII школы-семинара ”Математическое моделирование в проблемах рационального природопользования”. Тезисы докладов. – Ростов-на-Дону - Новороссийск. 1990 - С. 122.

Наврузов С.Т. Создания комплекса математических моделей и диалоговых программных средств по рациональному управлению водохозяйственных систем// “Проблема компьютеризации учебного процесса в высшей школе”. Тезисы докладов международной научно-практической конференции.- Душанбе, ТГУ, 1995 - С. 27.

Наврузов С.Т. Теоретико-игровая модель взаимоотношения государств в бассейне трансграничной реки//Материалы научной конференции, посвященной 70-летию Миркалона Джураева.- ГПУ имени С.Айни, Душанбе, 2009 - С. 68-74.

Наврузов С.Т. Теоретико-игровые модели управления водными ресурсами трансграничных рек//Прикладные аспекты информатики и математические методы в экономике. Материалы международной научно-практической конференции.- ТЭИ, Душанбе, 2008 - С. 157-167.

Наврузов С.Т. Управления линейным каскадом водохранилищ комплексного назначения // XIV школы-семинара “Математическое моделирование в проблемах рационального природопользования”. Тезисы докладов. – Ростов-на-Дону, 1991. - С. 107.

Наврузов С.Т. Условия эффективности коалиции при использовании водных ресурсов бассейнов трансграничных рек // Доклады АН Республики Таджикистан, 2008, т. 51, №5 - С. 333-340.

Наврузов С.Т. Устойчивость компромиссного решения в управлении водными ресурсами трансграничного бассейна // Материалы международной научной конференции “Актуальные вопросы математического анализа, дифференциальных уравнений и информатики”, посвященной 70-летию академика Академии наук Республики Таджикистан Усманова З.Д. – ИМ АН РТ, Душанбе, 2007 - С. 69-72.

Наврузов С.Т. Чабан А.Н. Построение и оценка диспетчерских правил управления каскадом водохранилищ ирригационно-энергетического назначения // Материалы Всесоюзной конференции “Гидрология 2000 года”. – М., 1986 - С.62-64.

Наврузов С.Т. Экономические модули оценки использования трансграничных водных ресурсов//Математическое моделирование и информационные технологии в социально-экономических системах. Материалы международной научной конференции.- НПУ, Душанбе, 2005 - С. 89.

Наврузов С.Т., Джураев М.Д. Вопросы создания математических моделей и единой информационной системы по

рациональному использованию водных ресурсов в крупных речных бассейнах// “Рациональное использование и охрана природных ресурсов горных территорий”. Тезисы докладов международного симпозиума. - Душанбе, 1997. - С. 37.

Наврузов С.Т., Чабан А.Н. Об одной задаче управления каскадом водохранилищ комплексного назначения // Докл. АН Тадж. ССР. т. 28. №11, 1985 - С. 627-630.

Наврузов С.Т., Чабан А.Н. Об одном подходе к решению ирригационно-энергетической задачи Вахшского каскада // Тезисы докладов Республиканской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов Таджикской ССР.-Душанбе. 1985 -С.107.

Наврузов С.Т., Чабан А.Н. Построение и оценка диспетчерских правил управления каскадом водохранилищ ирригационно-энергетического назначения // Водные ресурсы. 1988, №1 - С. 129-139.

Наврузов С.Т., Мусинов А.С. Вопросы многолетнего регулирования водохранилищ верхнего течения бассейна реки Сырдарья// Международная научно-практическая конференция “Проблемы развития мелиорации и водного хозяйства и пути их решения” 11-14 апреля 2011 г, МГУП, Москва, 2011 – 169-174 р.

Наврузов С.Т., Шомуродов З.Б. Компьютерная система поддержки принятия решений в бассейне трансграничной реки// Международная научно-практическая конференция “Проблемы развития мелиорации и водного хозяйства и пути их решения” 11-14 апреля 2011 г, МГУП, Москва, 2011 – 174-180 р.

Наврузов С.Т. Вопросы повышения эффективного использования оросительной системы в зависимости от возможных капвложений// Апрельская научно-практическая конференция преподавателей и студентов Технологического университета Таджикистана “Инновация в информационно-коммуникационных технологиях“ 21-23 апреля 2011”, ТУТ, г., Душанбе, 2011 – С. 125-130.

Наврузов С.Т., Мусинов А.С. Оперативно-информационная модель баланса воды речного бассейна на языке теории графов // Апрельская научно-практическая конференция преподавателей и студентов Технологического университета Таджикистана “Инновация в информационно-коммуникационных технологиях“ 21-23 апреля 2011”, ТУТ, г., Душанбе, 2011 – С. 131-134.

Наврузов С.Т., Шомуродов З.Б. Компьютерная система поддержки принятия решений по управлению каскадом

водохранилищ на трансграничном речном бассейне // Апрельская научно-практическая конференция преподавателей и студентов Технологического университета Таджикистана “Инновация в информационно-коммуникационных технологиях“ 21-23 апреля 2011”, ТУТ, г., Душанбе, 2011 – С. 135-140.

Наврузов С.Т., Шомуродов З.Б. Методология создания системы поддержки принятия решений при управлении водными ресурсами трансграничных рек// Международная научная конференция “Современные проблемы математики и ее приложения” посвященная 70-летию профессора Э.М. Мухамадиева, 28-30 июня 2011 г. Душанбе, 2011 – С. 68-69.

Наврузов С.Т. Теоретико-игровой подход к проблемам управления водными ресурсами трансграничных рек// Вестник ТУТ, №4, 2011 – С. 268-280.

Наврузов С.Т. Математические модели поиска компромиссных решений в задачах управления водными ресурсами трансграничных рек// Международная конференция посвященной 55-летию Технического университета им. Академика Осими. 20-23 октябрь, 2011 – С. 175-180.

Наврузов С.Т., Мусинов А.С. Коалиционный подход к моделированию теоретико-игровых задач управления водными ресурсами трансграничных рек//Вестник Таджикского национального Университета, Серия естественных наук, 1/1(77), 2012 г.- С.119-128.

Наврузов С.Т., Шомуродов З.Б. Механизмы водораспределения в бассейнах трансграничных рек//Пятая международная научной конференция молодых ученых и талантливых студентов «Водные ресурсы, экология и гидрологическая безопасность» под эгидой ЮНЕСКО, Институте водных проблем РАН 23 – 25 ноября 2011 г., Москва, 2011 – С. 36-38.

Наврузов С.Т. Мусинов А.С. Коалиционный подход к дележу воды в бассейне трансграничной реки// Пятая международная научной конференция молодых ученых и талантливых студентов «Водные ресурсы, экология и гидрологическая безопасность» под эгидой ЮНЕСКО, Институте водных проблем РАН 23 – 25 ноября 2011 г., Москва, 2011 – С. 39-40.

Наврузов С.Т. Вопросы управления водными ресурсами трансграничных рек Центральной Азии// Апрельская научно-практическая конференция преподавателей и студентов Технологического университета Таджикистана “Роль науки в

инновационном развитии районов Республики Таджикистан” 21-23 апреля 2012 , ТУТ, г., Душанбе, 2012 – С. 65-76.

Наврузов С.Т. Повышения КПД оросительной сети посредством капвложений (на примере Республики Таджикистан)//Международная научно-практическая конференция Роль мелиорации и водного хозяйства в инновационном развитии АПК, посвященная 150-летию со дня рождения основоположника высшего гидротехнического и мелиоративного образования в России В.В. Подарева, 16-20 апреля 2012 г. Москва.-С. 214-220.

Наврузов С.Т. Конфликты в бассейнах трансграничных рек и поиски компромиссных решений методами теории игр// Международная научная конференция “Современные проблемы математики и ее приложения”, посвященная 60-летию профессора Д. Сафарова, 6 октября 2012 г. Душанбе, 2012 – С. 60-64.

Наврузов С.Т., Шомуродов З.Б. Разработка математической модели управления водохранилищами в речном бассейне // Международная научная конференция “Современные проблемы математики и ее приложения”, посвященная 60-летию профессора Д. Сафарова, 6 октября 2012 г. Душанбе, 2012 – С. 65-69.

Наврузов С.Т. Мусинов А.С. Об одной модельной задаче управления водохранилищ в бассейне трансграничной реки// Международная научная конференция “Современные проблемы математики и ее приложения”, посвященная 60-летию профессора Д. Сафарова, 6 октября 2012 г. Душанбе, 2012 – С. 70-74.

Наврузов С.Т., Шомуродов З.Б. Математическая модель функционирования водохозяйственного комплекса в речном бассейне // Известия АН РТ, Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук, №3, 2012. –С. 42-53.

Наврузов С.Т. Вопросы уязвимости водных ресурсов трансграничных рек Центральной Азии к изменениям климата//Международная конференция “Влияние глобального изменения климата на экосистему аридной и высокогорной зоны Центральной Азии” 22-24 мая 2012 г., Душанбе – 242-244.

Наврузов С.Т. Вопросы использования геоинформационной технологии в моделирование задач природопользования// Прикладные информационные системы : проблемы моделирования, разработки и применения в развивающихся странах: материалы Международной научной конференции, 29-30 июня 2012, Худжанд – С.151-158.

Наврузов С.Т. Об одной приложении теории дифференциальных игр к задаче управления каскадом водохранилищ // Международная конференция “Современные проблемы математического анализа и теории дифференциальных игр” посвященная 60-летию со дня рождения академика Шохбозова М.Ш., ИМ АН РТ, Душанбе, 28-29 августа 2012 – С. 65-70.

Наврузов С.Т. Компьютерный инструментарий для управления водными ресурсами верхнего течения бассейна трансграничной реки Сырдарья//Республиканская научно-практическая конференция “Роль МНТЦ в реализации научно-технических проектов Таджикистана” посвященной 75 - летию Акрама Джураева, 28-29 августа 2012, ФТИ АН РТ, Душанбе – С. 100-110.

Наврузов С.Т. Коалиционная модель управления водными ресурсами трансграничных рек// Материалы республиканской научной конференции “Комплексный анализ и неклассические системы дифференциальных уравнений”, посвященной 80-летию со дня рождения академика Джураева А.Д. – ИМ АН РТ, Душанбе, 2012 - С. 45-48.

Наврузов С.Т., Шомуродов З.Б. Математическая модель управления водохранилищ в бассейне трансграничной реки// Шестая международная научной конференция молодых ученых и талантливых студентов «Водные ресурсы, экология и гидрологическая безопасность» под эгидой ЮНЕСКО, Институте водных проблем РАН 28 – 30 ноября 2012 г., Москва.

Наврузов С.Т., Мусинов А.С. Модельная задача водораспределения в бассейне трансграничной реки// Шестая международная научной конференция молодых ученых и талантливых студентов «Водные ресурсы, экология и гидрологическая безопасность» под эгидой ЮНЕСКО, Институте водных проблем РАН 28 – 30 ноября 2012 г., Москва.

Наврузов С.Т. Возможности использования геоинформационных технологии при принятии решений// 3-я международная научно-практическая конференция на тему “Модель подготовки специалистов нового времени ориентированные на развитие инновационной области”, 2-3 ноября 2012, ТУТ, Душанбе-С.56-62.

Наврузов С.Т., Мусинов А.С. Моделирование стратегии водodelения с учетом прогноза стока трансграничных рек Центральной Азии // 3-я международная научно-практическая конференция на тему “Модель подготовки специалистов нового

времени ориентированные на развитие инновационной области”, 2-3 ноября 2012, ТУТ, Душанбе-С.62-68.

Наврузов С.Т., Шомуродов З.Б. К вопросу распределения регулирующих функции между водохранилищами расположенными на трансграничных речных бассейнах Центральной Азии // 3-я международная научно-практическая конференция на тему “Модель подготовки специалистов нового времени ориентированные на развитие инновационной области”, 2-3 ноября 2012, ТУТ, Душанбе-С.68-75.

Никитин А.М. Морфометрия и морфология Средней Азии. - Тр. САРНИГМИ, вып. 50 (139), 1977.

Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. М.: Изд-во АН СССР, 1965 - 170 с.

Носиров Н.К., Рахматиллоев Р.Р., Наврузов С.Т., Ахроров А. Основные принципы построения информационной системы и имитационной модели управления водохозяйственным комплексом бассейна Вахш-Амударья// Проблемы бассейна Аральского моря (Сб. статей). – Ташкент, 1998 - 112 с.

Петров Г.Н., Наврузов С.Т. Применение теории игр к задачам управления водных ресурсов речного бассейна//Экономика Таджикистана. Стратегия развития. № 4, 2000 - С. 86-101.

Повышения эффективности мелиоративных систем (сборник научных трудов). Таджикский сельхозинститут, Душанбе, 1989.

Подольский Е.М., Флоров А.Е. Выбор оптимальной схемы регулирования стока в речном бассейне. Тр. Гидропроекта, 1973, вып.29.

Подольский Е.М., Флоров А.Е. Методические основы определения и использования замыкающих оценок водных ресурсов//Водные ресурсы, 1973, № 5.

Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкредидзе Р.В., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. – М.: Наука, 1976, 345 с.

Проектирование схем комплексного использования водных ресурсов.: Пер. с англ./ Под. Ред. Т.Л. Золотарева и В.И. Обрезкова. – М.:Энергия, 1966. - 334 с.

Пряжинская В.Г., Ярошевский Д.М., Левит-Гуревич Л.К. Компьютерное моделирование в управлении водными ресурсами. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002 - 496 с.

Пулатов Я.Э. Режим орошения кукурузы в Таджикистане. – Душанбе: Ирфон, 1995.

Резниковский А.Ш., Рубинштейн М.И. Диспетчерские правила управления режимами водохранилищ. – М.: Энергоатомиздат, 1984 – 104 с.

Резниковский А.Ш., Рубинштейн М.И. Управление режимами водохранилищ гидроэлектростанций. – М.: Энергия, 1974.

Ролланд Ф.Д. Основные концепции баз данных//М.- СПб. - Киев: Вильямс, 2002.

Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования. – М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 2001 - 228 с.

Сараев А.Д., Щербина О.А. Системный анализ и современные информационные технологии//Труды Крымской академии наук. - Симферополь:СОНАТ,2006-С.47-59.

http://matmodelling.pbnet.ru/Statya_Saraev_Shcherbina.pdf

Системный подход к управлению водными ресурсами/Под ред. А. Бисваса, пер. с англ. под ред. Н.Н. Моисеева. - М.: Наука, 1985-392 с.

Субботин А.И., Ченцов А.Г. Оптимизация гарантии в задачах управления. – М.: Наука, 1981. – 357 с.

Таджикистан (Природа и природные ресурсы). - Душанбе, Дониш., 1982.

ТаджикНИИГиМ. Отчет по договору Д-46.77 за 1993 год, Душанбе, 1983.

ТаджикНИИГиМ. Отчет по проекту реабилитации ирригационной и дренажной сети хозяйства “Хакикат” Шахринавского района. Душанбе, 1999.

ТаджикНИИГиМ. Отчет по проекту реабилитации ирригационной и дренажной сети хозяйства “Варзоб” Ленинского района., Душанбе, 1999 .

Укрупненные нормы расхода воды и количества сточных вод на единицу продукции для различных отраслей промышленности. - М.: Стройиздат, 1973.

Усманов З.Д., Наврузов С.Т . Сценарии водodelения в модельном трансграничном речном бассейне. – Доклады АН Республики Таджикистан, 2008, т.51, № 7 - С.496-500.

Усманов З.Д., Наврузов С.Т. О необходимости стандартизации математического и программного инструментариев по учету и распределению водных ресурсов трансграничных

Центральноазиатских рек // Международная конференция по сокращению стихийных бедствий, связанных с водой. Сборник тезисов. – 27-28 июня 2008, Душанбе. - С. 123.

Усманов З.Д., Наврузов С.Т. О разработке стратегии оптимального использования водных ресурсов верховья бассейна реки Амударьи в национальных интересах Республики Таджикистан// Материалы международной конференции “Водные ресурсы Центральной Азии и их рациональное использование”- Душанбе, 2001 - С. 183.

Усманов З.Д., Наврузов С.Т. Оценка степени влияния водных ресурсов реки Вахш и реки Пяндж на разрешение конфликтных ситуаций в проблеме водodelения между странами Центральной Азии//Международная конференция по сокращению стихийных бедствий, связанных с водой. Сборник тезисов. – 27-28 июня 2008, Душанбе. - С. 121-123.

Форт С., Хоуи Т., Релстон Дж. Программирование в среде Access 2000. Энциклопедия пользователя // Киев: Издательство «ДиаСофт», 2000.

Хранович И.Л. Математические модели обоснования гарантированной отдачи водохозяйственных систем. 2. Задачи развития// Водные ресурсы. 1990. №2 - С.154-167.

Хранович И.Л. Последовательная декомпозиция задач оптимального функционирования водохозяйственных систем// Водные ресурсы. 1991. №3 - С.129-145.

Хранович И.Л. Управления водными ресурсами. Поточные модели. – М.: Научный мир, 2001 - 295 с.

Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии.- М., 1998 - 287 с.

Цветков Е.В. Алябышева Т.М., Парфенов Л.Г. Оптимальные режимы гидроэлектростанции в энергетических системах.- М.: Энергоатомиздат, 1984 - 303 с.

Цветков Е.В. Методы расчета оптимального регулирования речного стока водохранилищами гидроэлектростанций на ЦВМ. – М.: Энергия, 1967 - 135 с.

Цветков Е.В. Эксплуатационные и проектные задачи регулирования речного стока. – В. кн.: Проблемы гидроэнергетики и водного хозяйства, вып. 1, 1963, с.168-198 (Алма-Ата, АН КазССР).

Чабан А.Н. Построение эффективных диспетчерских правил управления водохранилищем. Сообщения по прикладной математике. – М.: ВЦАН СССР, 1986 - 21 с.

Шайтура С.В. Геоинформационные системы и методы их создания. Калуга.: Изд-во Н. Бочкаревой, 1998 - 252 с.

Шодиев О., Земан Г.Г. и др. Справочник статистического итога второго тура крупномасштабного почвенного обследования орошаемых земель хлопковой зоны Таджикской ССР. - Душанбе, 1985.

Шульц В.Л. Реки Средней Азии. Л.: Гидрометеиздат, 1965.

Юдин Д.Б. Математические методы управления в условиях неполной информации. - М.: Сов.радио, 1974 - 400 с.

ArcView GIS. Руководство пользователя. – М.: Изд-во Дата+. – 368 с. № 3 (117), 1990, - С. 17-20

Brooke, A., Kendrick, D., and Meeraus, A. GAMS: a User's Guide, Scientific Press. 1988.

Central Asia: Border Disputes and Conflict Potential, Asia Report N° 33, 4 April 2002.

Central Asia: Crisis Conditions in Three States, Asia Report, N°7, 7 August 2000.

Central Asia: Water and Conflict, ICG Asia Report № 34, Osh/Brussels, 2002.

Dukhovny, Viktor / Vadim Sokolov (2003): Lessons on Cooperation Building to Manage Water Conflicts in the Aral Sea Basin. PC-CP studies 58. Paris. UNESCO. <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001332/133291e.pdf> (download: 6. Januar 2005).

Louks D.P., Kindler J., Fedra K. Interactive water resources modeling and model use: an over review // Water resources research. – 1985. – 212.

McKinney D.C., and X. Cai, M. Rosegrant, C. Claudia, C.A. Scott. Modeling Water Resources Management at the Basin Level: Review and Future Direction, SWIM Paper No 6, International Water Management Institute. Colombo, Sri Lanka. 1999.

McKinney D.C., and X. Cai. Multiobjective water resources allocation model for the Naryn-Syrdarya Cascade, Technical Report, U.S. Agency for International Development, Environmental Policies and Technology (EPT) Project, Almaty, Kazakstan. 1997.

Navruzov S. Mathematical approach to management of water and energy resources in Central Asia // International conference on water related disaster reduction. Collection of theses. – 27-28 June 2008, Dushanbe, - P. 152-154.

Navruzov S. On the elaboration of the strategy for an optimal use of the Amudary basin up-stream water resources in the national interests of the Tajik republic // NATO advanced research workshop Natural Disasters and Water Security: Risk Assessment, Emergency Respond, and Environmental Management. – Armenia, 2007 - P. 144-145.

Navruzov S.T. Management of water resources of Central Asia transboundary basins based on coalition principles. High-level International Conference on the midterm comprehensive review of the implementation of the International Decade for Action “Water for Life”, 2005-20015., June 8-10, Dushanbe, Tajikistan.

Navruzov S.T. Methodological approach to application of GIS & DSS for the management of water resources of the transboundary rivers. Fourth Central Asia GIS Conference – GISCA, May 27-28, 2010 - Bishkek, Kyrgyz Republic, 2010.

Navruzov S.T. On the development of a strategy for the optimal use of the upstream water resources of the Amudarya basin in the national interest of the Tajik Republic. NATO Science for Peace and Security Series-C: Environmental Security. Threats to Global Water Security, Edited by J Anthony A. Jones, ISBN 978-90-481-2336-0, 2009. 389-393 p.

Navruzov S.T. Possibility using of GIS technology for the management of water resources in Tajikistan. Fifth Central Asia GIS Conference – GISCA’11 “Geoinformatics: Managing Environment, Resources and Risk”, Kazakh National University named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan, May 19-20, 2011, 12 pg.

Navruzov S.T. Computer model evaluation of influence hydraulic structures on the water regime in the transboundary river of Amudarya. 8 –th International Conference on Computer analysis of the problem of science and technology, 1-4 July 2011, NUT, Dushanbe – 5 pg.

Navruzov S.T. Problems of management of water resources of the transboundary rives and their vulnerability to climate warming//International conference on topic issues of hydrology, meteorology and climatology, 23-24 December 2011, Armenia, 2 pg.

Navruzov S.T. Creation of the geoinformation system of environmental monitoring of the Republic of Tajikistan//The Sixth Central Asia GIS Conference – GISCA’12 “Geoninformation for land and resource management” May 2-3, 2012, KSUCTA, Bishkek, Kergyztan.-P. 47-53.

Navruzov S.T. The game theoretical incentive models in the water sector//International Science Practical Conference on “Models of preparing specialists new time which orientated to development of innovation oblasts”, November 2-3, 2012, TUT, Dushanbe – P. 50-56.

Navruzov S. T. Methodological approach to creation of the geoinformation system of environmental monitoring (an case study of the Republic of Tajikistan)//The first **International Scientific-Practical Conference (In Absentia)** “Informational System and Technologies: Management and Security”, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education “VOLGA REGION STATE UNIVERSITY OF SERVICE” in the partnership with “Angel Kanchev” University of Ruse (Bulgaria)” December, 10, 2012

Power D. J. "What is a DSS?" // The On-Line Executive Journal for Data-Intensive Decision Support, 1997. – v. 1. - N3.

Power D. J. Web-based and model-driven decision support systems: concepts and issues. Americas Conference on Information Systems, Long Beach, California, 2000.

Power D.J. A Brief History of Decision Support Systems. DSSResources.COM, World Wide Web, <http://DSSResources.COM/history/dsshistory.html>, version 2.8, May 31, 2003.

Priscoli J. Delli "Conflict Resolution, Collaboration and Management in International Water Resource Issues," Working Paper # 6, Alternative Dispute Resolution Series, U.S. Army Corps of Engineers, IWR Working paper 96-ADR-WP6, 2003.

Priscoli, J. Delli and Hassan, Fekri, Water and Civilization, IHP Program, UNESCO, Paris, 1997.

Reznikovskiy A. Sh., Rubinshtein M.I., Svanidze G.G. Trvetkov E. V. Optimization of hydro plant cascade operation with water storage in power system. – World Power Conference, VIII, 1971. Paper № 4.2 – 109. – 12 p.

Rinaldi S. Modeling and control of river quality. – New York: Mc. Raw-Hill, 1979. – p.345.

Rinaldi S. Some remarks on periodic stochastic liner reservoirs. - Luxemburg, Austria, 1982. – 25p.-(Prepr./Intrn. In-t for Appl. System Analysis; WP-82-113).

United Nations Environmental Programme, the State of the World Environment, 29 p, U.N. Doc. UNEP/GC.16/9 (1991).

WARMAP, European Commission. Water Resources Management & Agricultural Production in the Central Asian Republics, WARMAP Project Report, 1995., Vol. 1-6.

WARMAP, European Commission. Water Resources Management & Agricultural Production in the Central Asian Republics, WARMAP Project Report, 1996., Vol. 7-12.

Wolf, Aaron T. "Water Wars and Water Reality: Conflict and Cooperation Along International Waterways, "Millennium Group, High Level Group on International Water Management in the 21st Century, 18-20, December 1997, Valencia, Spain.

World Bank. Development a Regional Water Management Strategy: Issues and Work Plan, Aral Sea Basin Program Technical Paper Series, April. 1996.

Yong H.P., Okada N., Hashimoto T. Cost Allocation in Water Resources Development-A Case Study of Sweden. RR-80-32. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied System Analysis. September, 1980.

С.Т. НАВРУЗОВ

**МОДЕЛИРОВАНИЕ В УПРАВЛЕНИИ
ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ**

Технический редактор: *Сапожникова А.Ф.*

Компьютерный набор: *Наврузов Ф.С.*

Подписано в печать 25.06.2013. Формат 60x84¹/₁₆.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Times New Roman Tj.

Усл. печ. л. 17,5. Тираж 500 экз. Заказ №171

ООО “ЭР-граф”.

734036, г. Душанбе, ул. Р. Набиева, 218.

Тел.: +992 (37) 881-15-16. E-mail: r-graph@mail.ru



Tempus

This publication has been funded with support from the European Commission (Tempus IV). This publication reflects the views only of the author, and the European Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

Проект финансируется при поддержке Европейской Комиссии. Содержание данной публикации/материала является предметом ответственности автора и не отражает точку зрения Европейской Комиссии.