

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДОСТУПНОСТИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ

**Р.Б. Кротов, Ю.П. Добрачев**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Обоснование размещения объектов водных мелиораций и их водоресурсного обеспечения строится на принципах рационального использования земель и водных ресурсов, эффективного вложения средств в развитие АПК. К обязательным аспектам обоснования размещения объекта в границах региона, представляющего интерес для экономического развития АПК, относятся:

1. Сбор и анализ данных регионального уровня по водным объектам и землепользованию. Определение основных характеристик имеющихся ресурсов поверхностных и подземных вод, а также локализации допустимых мест и объемов водозабора и сброса дренажных вод водопользователями АПК, установленных СКИОВО.

2. Локализация территорий, перспективных для реконструкции, технического перевооружения и нового строительства гидромелиоративных систем в границах водохозяйственного участка.

3. Расчет оросительных норм сельскохозяйственных культур, объемов и режима водопотребления и водоотведения для мелиорируемых земель для каждого объекта гидромелиорации с учетом его местоположения относительно водоисточников.

4. Оценка энергетических затрат на подачу воды от водоисточника до объекта мелиорации и отвода дренажного стока до водовыпуска.

5. Районирование территории водохозяйственного участка (ВХУ) по критериям доступности водных ресурсов, допустимых объемов водозабора из водного объекта и затрат на доставку воды от водоисточника до орошаемого поля, а также по пригодности земель сельскохозяйственного назначения для оросительных мелиораций и их потребности в орошении.

Показателем рационального выбора места размещения орошаемых земель в границах водосбора потенциального источника водных ресурсов может служить такая характеристика как «энергетическая доступность водных ресурсов». С одной стороны, доступные для использования водные ресурсы определяются в СКИОВО на основании водохозяйственных расчетов и балансов, в которых учитываются все возможные для использования водные ресурсы (поверхностные и подземные) и требования к воде со стороны водопользователей, использующих воду с изъятием части стока из водных объектов и без изъятия. С другой стороны, для оросительных мелиораций режим изъятия воды на полив определяется потребностью сельскохозяйственных культур в основном в течение поливного сезона, продолжительностью 3-4 месяца. Выделенные для орошения в границах речных бассейнов, подбассейнов квоты на изъятие воды могут быть полностью использованы за поливной сезон, в случае забора воды из водохранилища, и только часть - в случае забора воды из русла реки по причине экологических ограничений на режим стока реки в летний период. Таким образом, водохранилище для обеспечения водой гидромелиоративной системы может оказаться предпочтительней по двум причинам: благо-

даря регулированию расхода воды на орошение в весенне-летний период и за счет меньшей разницы отметок водозабора и орошаемой территории.

Под энергетической доступностью водных ресурсов, изымаемых из водоисточника для орошения, будем понимать минимальные энергозатраты по переносу единицы массы воды от водоисточника до распределительной сети оросительной системы с учетом следующих факторов:

- разницы уровней геодезических отметок поверхности воды в водоисточнике в месте водозабора и водопроводящей распределительной сети оросительной системы;

- кратчайшего расстояния от водозабора до входа в водораспределительную сеть;

- гидравлического сопротивления перемещению воды от водозабора до водораспределительной сети со скоростью движения потока 1,1-1,2 м/сек по металлическому трубопроводу, обеспечивающего максимальное экологически допустимое изъятие воды из источника в единицу времени в течение поливного сезона с помощью насосной станции с КПД равному 0,6.

В работе [1] рассматривается простая гидравлическая схема расчета затрат энергии на механическую подачу воды из источника на массив орошения по заданной трассе водовода. На основании укрупнённых показателей рассчитаны параметры системы «головная насосная станция — водовод», обеспечивающие минимум энергетических затрат на доставку воды водопотребителю.

Удельный показатель энергетических затрат по доставке единицы объема воды  $\mathcal{E}_y$  можно определить, как отношение затрат энергии к объему перекачиваемой воды:

$$\mathcal{E}_y = \mathcal{E}/(Q \cdot t) = [\text{Дж}/\text{м}^3], \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}$  – затраты энергии, Дж/м<sup>3</sup>;  $Q$  – расход воды в трубопроводе, м<sup>3</sup>/сек;  $t$  – время, сут.

Для выполнения расчетов по затратам энергии на доставку воды от водоисточника до сельскохозяйственных полей требуется сразу учесть максимальный расход  $Q_{\max}$ , соответствующий экономический диаметр магистрального трубопровода  $D_{\text{эк}}$  и потери напора в металлическом трубопроводе для потока с заданной скоростью  $v$ , обеспечивающей требуемый расход. В этом случае расчетная формула имеет вид:

$$\mathcal{E}_y = k \cdot S \cdot v \cdot (\Delta H_{\Gamma} + A \cdot L) / (Q \cdot \eta), \quad (2)$$

где  $k$  – размерностный коэффициент пропорциональности 9.8/1000 кДж;  $S$  – внутреннее сечение трубы, м<sup>2</sup>;  $v$  – скорость движения воды, м/сек;  $Q$  – расход воды в трубопроводе, м<sup>3</sup>/сек;  $\eta$  – коэффициент полезного действия насосной станции, безразмерный, принимается равным 0,6;  $\Delta H_{\Gamma}$  – геодезическая разница высоты подъема воды, м;  $A$  – удельная величина потерь напора, м/м длины трубы;  $L$  – длина трубы, м.

При оценочных расчетах энергетических затрат на транспортировку воды к гидромелиоративной системе для определения значений параметров трубопровода ( $Q$ ,  $D$ ,  $v$ ,  $A$ ) можно использовать табличные данные, взятые из гидравлических справочников [2]. Эти параметры выбираются по величине максимального расхода воды в трубопроводе, которая в свою очередь имеет ограничение по скорости потока, и максимально допустимым объемам изъятия воды из источника за поливной сезон. Следовательно, удельные энергетические затраты на подачу воды от водо-

источника характеризуют не только перепад высот, протяженность водовода, но и гидрологические и ресурсные параметры водоисточника.

Рассмотрим пример расчета удельных энергетических затрат по формуле (2), таблица 1.

Таблица 1 – Результаты расчета удельной энергии  $\text{Эу}$  транспортировки воды по стальному трубопроводу длиной 1000 м, в зависимости от перепада высот и диаметра трубы (при скорости потока  $\approx 1,2$  м/сек).

D, мм	Параметры трубопровода [2]				Перепад высот $\Delta H$ , м			
	A, м/м	S, м <sup>2</sup>	Q, м <sup>3</sup> /с	v, м/с	10	20	30	40
200	0,00944	0,03	0,038	1,21	0,180	0,481	0,644	0,808
300	0,00564	0,07	0,085	1,2	0,255	0,418	0,581	0,744
500	0,0032	0,20	0,240	1,2	0,212	0,372	0,532	0,693
600	0,0024	0,28	0,350	1,2	0,196	0,355	0,513	0,671
700	0,0019	0,38	0,462	1,2	0,194	0,358	0,521	0,684
800	0,00163	0,50	0,598	1,19	0,190	0,353	0,517	0,680
900	0,0015	0,64	0,763	1,2	0,188	0,351	0,515	0,678
1000	0,0013	0,79	0,942	1,2	0,185	0,348	0,511	0,675
1200	0,00105	1,13	1,357	1,2	0,180	0,344	0,507	0,670
1600	0,00088	2,01	2,413	1,2	0,178	0,341	0,504	0,668

**Примечание:**  $\text{Эу}$  – затраты удельной энергии, Дж/м<sup>3</sup>; D – диаметр трубопровода, мм; A – потери напора, м/м; Q – расход, м<sup>3</sup>/с; v – скорость потока, м/с

По данным таблицы 1 для всех перепадов высот и диаметров труб рассчитаем длину каждого водовода, при которой удельные затраты на транспортировку будут равными некоторой величине, например,  $\text{Эу} = 0,808$  Дж/м<sup>3</sup>. Результаты расчетов показывают, что расстояние, на которое может быть доставлен 1 м<sup>3</sup> воды с удельными затратами 0,808 Дж/м<sup>3</sup>, изменяется в пределах от одного до 50 км. Эти данные были использованы для получения уравнения регрессии, позволяющей в границах изменения диаметров водовода, перепада высот и расстояния до водоисточника, при скорости потока близкой к 1,2 м/сек, рассчитывать удельные энергетические затраты, не обращаясь к гидравлическим таблицам.

Найденное уравнение, с коэффициентом детерминации  $R^2 = 0,99$  имеет вид:

$$\text{Эу} = - 0,0722 + 0,0186 * \Delta H + 1,935e^{-6} * L/Q, \quad (3)$$

где обозначения были приведены в формуле (2).

Районирование изучаемой территории по показателю энергетической доступности может быть выполнено с разной степенью детализации в зависимости от этапа решаемой задачи. На начальных этапах анализа основных пространственно распределенных региональных факторов ресурсного обеспечения водоемких объектов АПК, районирование выполняется на основе морфометрических характеристик рельефа участков водосбора реки, расположенных в различных по геоморфологическим характеристикам местностях [3].

В пределах местности площадь водосборного участка, а также протяженность реки, протекающей по этой территории, может быть определена по космоснимкам. Они позволяют оценить среднее расстояние от водоисточника до водораздела. Значения геодезических уровней воды в реке (в меженный период) определяются по топографической карте. Топографические характеристики рельефа водосборного участка (высота поверхности, глубина расчленения, густота эрозионной сети, ши-

рина междуречий и др.) можно найти в таблицах морфометрического описания местности, на основании которых можно оценить усредненные показатели геометрических характеристик водотока для подачи воды на водораздельное плато - наиболее подходящее место для размещения орошаемого массива, - и оценить энергетическую доступность водных ресурсов.

Для водосборных участков р. Проня, в её верхнем, среднем и нижнем течении приведены результаты расчетов энергетической доступности воды, таблица 2.

Таблица 2 - Энергетическая доступность воды для орошения земель, расположенных на границе водораздельного плато.

Местность в бассейне р.Проня	Параметры рельефа				Труба D, мм	Расход Q, м <sup>3</sup> /сек	Энергетич. доступность, дж/м <sup>3</sup>
	Н <sub>пов-ти</sub> , м	Н <sub>в</sub> , м	L <sub>мин</sub> , км	L <sub>макс</sub> , км			
Верхнепронская	145	115	0,5	1	300	0,085	0,590-0,602
Новомичуринск.водохранилище	ВБ	111	1	2	900	0,763	0,395-0,398
	НБ	136			500	0,24	0,624-0,632
Нижнепронская	112	89	1	1.5	500	0,24	0,364-0,368

**Примечание:** Отметка средней высоты плато Н<sub>пов-ти</sub>, отметка меженного уровня реки Н<sub>в</sub>; диапазон удаленности плато от русла реки {L<sub>мин</sub> L<sub>макс</sub>} оценены по морфометрическим параметрам местностей в различных участках бассейна р. Проня [3]

Выполнение требований по оптимальному размещению гидромелиоративных систем на основании энергетической оценки доступности водных ресурсов предполагает, что затраты на доставку воды от источника до мелиорируемых сельскохозяйственных угодий будет минимальной для конкретных условий принадлежности водного объекта водосбору, ландшафту, территории региона с характерным рельефом и другими природными условиями [4]. Алгоритм расчета пространственно распределенного показателя доступности формируется таким образом, что расчетная величина затрат является минимальной для любой (реализуемой) траектории прокладки трассы.

Вычислительный алгоритм построен таким образом, что расчет по уравнению (3) начинается с участка русла у замыкающего створа и далее ведется по узлам геодезических отметок берега, расположенных непосредственно вдоль русла с некоторым шагом, зависящим от масштаба карты. Такие вычисления выполняются последовательно, по элементам, с соблюдением соседства узлов для всей полосы одного и другого берега реки, а затем расчет повторяется для следующего слоя. Значения энергетической доступности возрастают по мере удаленности от русла реки и с повышением высоты берега.

Для заданного участка реки и фиксированного орошаемого массива в пределах границы соответствующей водосборной территории наносятся линии (изоэнергосты) с одинаковой величиной энергетических затрат на транспортировку воды. Там, где линии изоэнергосты пересекутся с границами орошаемого массива, можно оценить стоимость подачи единицы объема поливной воды допустимой для изъятия из данного водного объекта.

Таким образом, энергетическая оценка доступности оросительной воды учитывается:

- пространственную возможность размещения водозабора на водном объекте;
- максимально допустимый объем забора водных ресурсов и максимальный расход воды в трубопроводе либо канале;
- морфометрические характеристики участка водосбора, на котором размещается гидромелиоративная система.

Районирование территории по энергетическому показателю является полезной информационной характеристикой потенциального обеспечения водными ресурсами территории региона, водохозяйственного участка, водосбора или агроландшафта.

#### **Список использованных источников**

1. Брайнин, А.Л. Определение оптимального места расположения водозабора для орошаемого массива [Текст] / А.Л. Брайнин, А.Л. Бубер, Ю.П. Добрачев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 4. – С. 27 – 31.

2. Шевелев, Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета: Стальных, чугунных, асбестоцементных, пластмассовых и стеклянных водопроводных труб. Изд. 5-е доп. [Текст] / Ф. А. Шевелев. // М.: Книга по Требованию, 2013. – 116 с.

3. Кривцов, В.А., Природный потенциал ландшафтов Рязанской области. [Текст] / В.А. Кривцов, С.А. Тобретов, А.В. Водорезов, М.М. Комаров, О.С. Железнова, Е.А. Соловьева// Рязань 2011. - 526 с.

4. Добрачев, Ю.П. Методические подходы к обоснованию развития и размещения водных мелиораций с учетом требований комплексного использования и охраны водных объектов [Текст]/ Ю.П. Добрачев, А.Л. Бубер, Г.Н. Суханов // Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства в России: материалы международной конференции. – М.: ВНИИГиМ, 2013.

УДК 631.6:631.445.53:631.821.2

### **ФИЛЬТРУЮЩИЕ РЫБОЗАЩИТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ И УСТРОЙСТВА**

**И.А. Лапина<sup>1</sup>, А.С. Териков<sup>1</sup>, Т.Е. Хецуриани<sup>1,2</sup>, Е.Д. Хецуриани<sup>1,2</sup>, Щукин С.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Южно-Российский ГПУ (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия;

<sup>2</sup>Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону

Фильтрующие рыбозащитные сооружения и устройства представляют многообразную, распространенную группу конструкций, к которым относятся объёмные фильтры в виде:

- панелей из фильтрующего материала (порозластовые фильтры);
- кассет с фильтрующим наполнителем (керамзитом, пластмассовыми шариками, щебнем и др.);
- каменно-набросных дамб и т.д.

Предлагаем более подробно рассмотреть некоторые конструкции:

#### **1. Объёмные фильтры в виде панелей из фильтрующего материала (порозластовые фильтры)**

Порозласт - это блочный материал, состоящий из инертных наполнителей (керамзита, гравия и др.) и полимерного связующего. Для рыбозащитных сооружений порозластовые плиты изготавливают из гравия, крупность которого варьируется в