

# **Инновации в организации планирования работ по геологической разведке, оценке эксплуатационных запасов, проектированию и строительству водозаборов подземных вод**

## **Анатолий Гуринович**

Белостоцкий технологический университет, Факультет строительства и инженерной экологии, Кафедра систем инженерной экологии  
e-mail: gurik@bk.ru

## **Екатерина Сычева**

Варшавский технологический университет, Факультет инженерной экологии, Кафедра водоснабжения и водоотведения  
e-mail: vesnyshka\_1987@mail.ru

DOI: 10.12846/j.em.2014.04.20

## **Аннотация**

Приведен анализ действующей в настоящее время организации работ по геологической разведке, оценке и переоценке эксплуатационных запасов подземных вод, проектирования и строительства крупных водозаборов, которая базируется на разработках 70-80 годов прошлого столетия. Предлагаются новые принципы по организации комплекса работ по изысканию (разведке), планированию, проектированию и строительству водозаборов, а также по реконструкции и (или) расширению водозаборов.

## **Ключевые слова**

оценка, эксплуатационные запасы, разведка, проектирование

## **Введение**

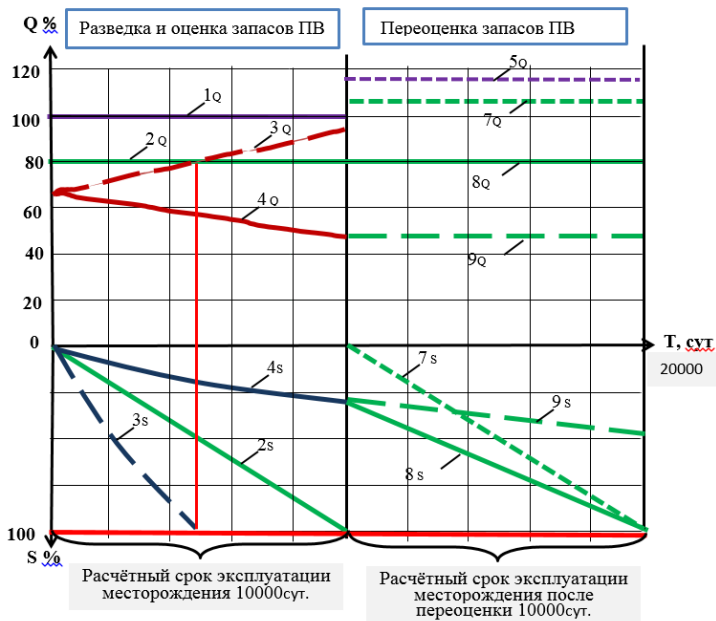
Действующие в Беларуси и Польше технические нормативно-правовые акты (далее ТНПА) в области использования и охраны подземных вод носят практически одинаковый характер. Базируются ТНПА на исследованиях и разработках по оценке эксплуатационных запасов подземных вод, выполненных учеными-гидрогеологами (Бочевер, Веригин, 1966). Указанное обстоятельство диктует необходимость проведения анализа соответствия данных разработок современным требованиям (Боревский, 2012). Необходимо также совершенствование организации работ по планированию развития систем водоснабжения с подземными водоисточниками и связанных с ними ТНПА (Гуринович, 2001; Dąbrowski, 2004).

### **1. Анализ работ по оценке эксплуатационных запасов подземных вод**

При оценке эксплуатационных запасов подземных вод проводятся прогнозные расчеты производительности водозабора и снижения уровня на расчетный срок эксплуатации – 10000 суток. Под этим подразумевается, что уровень воды в водоносном пласте снизится до критического, ниже которого забор воды будет невозможен. Расчеты производятся в зависимости от гидрогеологических условий по формулам либо с использованием компьютерных программ, моделирующих процессы фильтрации в водоносном пласте. Проведенные исследования действующих водозаборов подземных вод показали, что прогнозные расчеты не соответствуют фактическим данным. Так, к примеру, в Беларуси в 2013 году по 180 водозаборах истекли расчетные сроки, однако уровни воды в водозаборах оказались значительно меньше расчетных. Это свидетельствует о невысокой достоверности гидрогеологических данных (Hurynovich, Lorenc 2013).

На рис. 1 приведены обобщенные графики, иллюстрирующие возможные ситуации с эксплуатационными запасами подземных вод:

Первая ситуация (рис. 1, график 2Q и 2S): прогнозные расчеты практически соответствуют фактическому водоотбору и снижению уровня воды. В этом случае необходимо до момента наступления расчетного срока эксплуатации (за 3-4 года) провести разведочные работы по поиску новых месторождений подземных вод либо искусственному восполнению сработавших эксплуатационных запасов водоносных горизонтов при условии наличия поверхностного водного объекта.



1Q и 5Q - утвержденные эксплуатационные запасы по категориям A+B+C соответственно до и после переоценки; 2 Q и 2 s соответственно: утвержденные эксплуатационные запасы по категориям A+B и расчетное снижение уровня воды; 3 Q и 3 s соответственно: забор подземных вод и снижение уровня воды при росте водопотребления; 4 Q и 4 s соответственно: забор подземных вод и снижение уровня воды при уменьшении водопотребления; 6 Q и 6 s соответственно: забор подземных вод и снижение уровня воды при уменьшении водопотребления; 7 Q и 7 s соответственно: забор подземных вод и снижение уровня воды при уменьшении; 8 Q и 8 s соответственно: забор подземных вод и снижение уровня воды при уменьшении.

**Рис. 1.** Графики относительных расходов и снижения уровней месторождений подземных вод  
 Источник: собственная разработка.

Вторая ситуация (типичная), (рис. 1, график 2Q, 4Q и 4S): водоотбор меньше или равен утвержденным эксплуатационным запасам подземных вод по промышленным категориям A+B, а снижение уровня воды значительно выше расчетного. В этом случае по данным эксплуатационной разведки и мониторинга необходимо провести расчеты по уточнению эксплуатационных запасов подземных вод с учетом фактического водоотбора и снижения уровня (рис. 1, график 8Q и 8S) или с возможностью увеличения эксплуатационных запасов (рис. 1, график 7Q и 7S) в последующие периоды.

Третья ситуация (рис. 1, график 3Q и 3S): в связи с интенсивным водоотбором в результате возросшего водопотребления, превышающим утверждённые эксплуатационные запасы, снижение уровня воды в месторождении произойдет ранее, чем

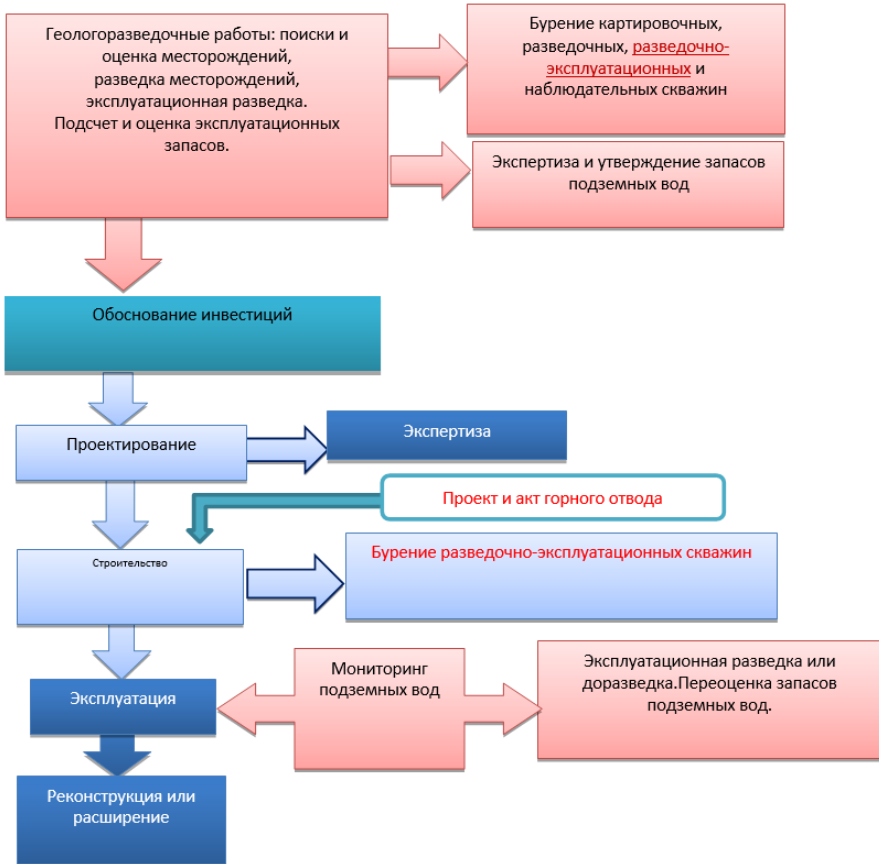
установлено расчетом (10000 сут.). Указанное обстоятельство должно прогнозироваться на стадии мониторинга подземных вод с целью принятия соответствующих мероприятий по устранению возможных экологических и социальных последствий, как и в первой ситуации.

## **2. Организация работ по разведке, проектированию и строительству водозаборов**

Сложившиеся в Беларуси вышеописанные ситуации с подземными водозаборами обусловили необходимость проведения отдельных работ по переоценке эксплуатационных запасов подземных вод. При этом в основе работ по переоценке лежат устаревшие методики и подходы в организации их проведения (Гуринович, 2004). На рис. 2 приведен в виде структурной схемы действующий порядок этапов организации работ по разведке, проектированию и строительству водозаборов.

Для существующих этапов организации работ по разведке, проектированию и строительству водозаборов характерны следующие недостатки:

- разведочные работы и расчеты по оценке и переоценке эксплуатационных запасов подземных вод производятся без учета требований оптимального проектирования, строительства и эксплуатации водозабора на разведываемом месторождении;
- отсутствует технико-экономическое обоснование схемы водозабора (количество скважин, расстояние между ними, плановое расположение);
- не учитываются технические факторы (конструкция скважины, размер, тип и конструкция фильтра, методы бурения, тип водоподъемного оборудования, необходимости сооружений водоподготовки);
- не учитываются экологические ограничения и ограничения, которые накладываются на схему водозабора в конкретных условиях (лесопосадки, дороги, населенные пункты, газопровод).



**Рис. 2.** Действующий порядок этапов организации работ по разведке, проектированию и строительству водозаборов

Источник: собственная разработка.

Кроме того, действующие ТНПА в области недропользования содержат некоторые положения геологического характера несвойственные для подземных вод. Так, к примеру, понятия «горный отвод», «границы месторождений полезных ископаемых» ни в коей мере не могут относиться к водозаборным сооружениям.

Особо следует выделить экономическую сторону оценки работ по разведке, оценке и переоценке эксплуатационных запасов подземных вод. В ка-

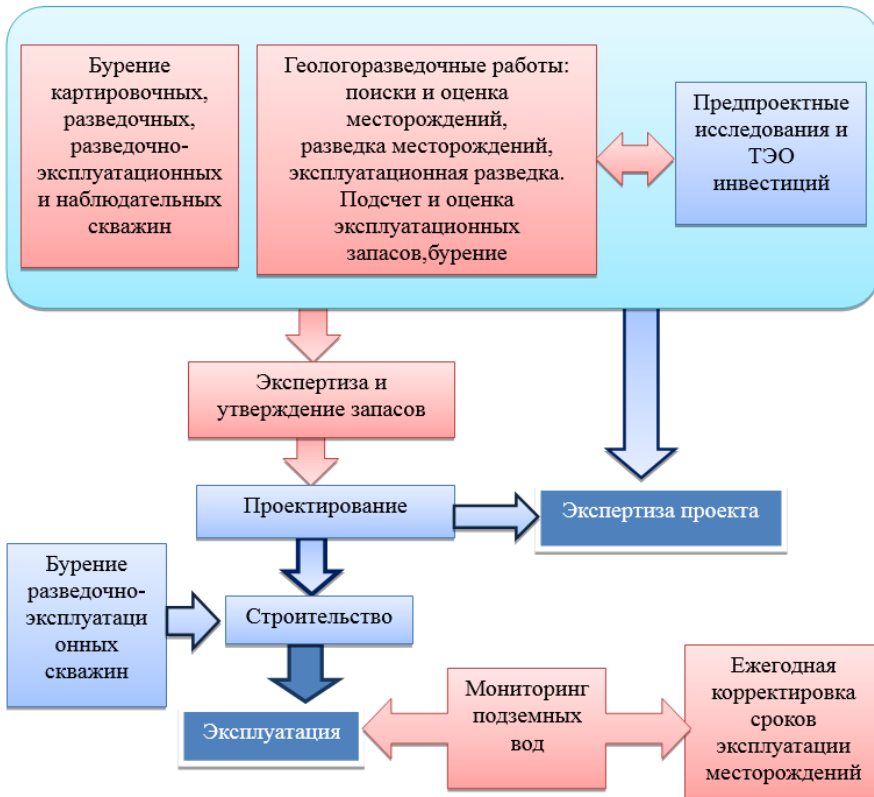
кую статью затрат следует отнести стоимость работ по разведке, оценке, переоценке запасов подземных вод, по составлению актов горного отвода и др. Отсутствует также понятия «стоимость месторождений подземных вод», которые существуют в практике добычи нефти и газа.

Одной из задач действующей в Беларуси системы мониторинга подземных вод должна быть постоянная ежегодная корректировка параметров месторождений подземных вод. По данным мониторинга необходимо производить анализ сложившейся водохозяйственной и экологической обстановки, а также уточнение эксплуатационных запасов по категориям А и В.

Отсутствие технико-экономических обоснований (ТЭО) инвестиций при планировании строительства новых или реконструкции (развитии) водозаборов подземных вод может наносить существенный экономический ущерб. Применяемые же в настоящее время устаревшие методы расчета экономической эффективности, действующие при плановой экономике, не отвечают современным требованиям экономики в части учета процессов инфляции, роста стоимости энергетических и материальных ресурсов, заработной платы, ухудшении экологической обстановки. Оценка эффективности инвестиционных проектов должна базироваться на современных методах расчета таких показателей эффективности инвестиций как: срок окупаемости, индекс рентабельности (IR), чистый приведенный эффект (NPV), внутренняя норма доходности (IRR), стоимость жизненного цикла LCC (Syczewa, 2013, с. 68). Кроме того, все расчеты на этапе оценки и переоценки подземных вод проводятся без достаточной инженерной проработки различных вариантов строительства будущего водозабора.

### **3. Предлагаемая методика по комплексной организации работ по планированию строительства водозаборов подземных вод**

Предлагаемая схема организации работ по планированию работ по разведке, проектированию, строительству новых водозаборов подземных вод представлена на рис. 3.



**Рис. 3.** Предлагаемая методика по организации комплекса работ по изысканию (разведке), планированию, проектированию и строительству водозаборов

Источник: собственная разработка.

Основные требования, которые должна соблюдаться на каждом этапе организации работ, следующие:

- водозабор подземных вод должен быть оптимальным в технико-экономическом и геологическом отношении;
- понижение уровней подземных вод в водозаборных скважинах на конечный срок эксплуатации не должно превышать критической величины, определяемой по гидрогеологическим и экологическим условиям;
- водозабор должен рассчитываться на определенный срок непрерывной работы при заданной производительности;

- качество воды в течение всего срока работы водозабора должно отвечать нормативам для питьевого водоснабжения.

При проектировании скважинных водозаборов необходимо учитывать решения, принятые в утвержденной градостроительной документации - региональных планах, генеральных планах поселений и территорий, детальных планах части поселений, промышленных и других функциональных зон (Pongkijvorasin, 2010). Кроме этого, необходимо учитывать условия, изложенные в программах и генеральных схемах комплексного использования и охраны водных ресурсов в целом (Wada, 2010).

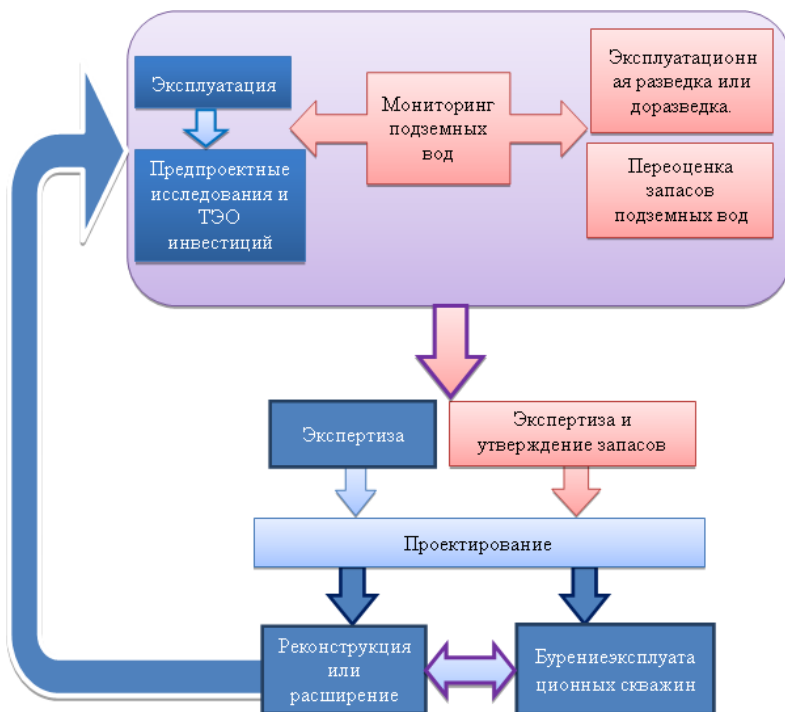
Проектирование новых и расширение существующих водозаборов осуществляется при наличии решения соответствующего органа исполнительной власти о предварительном согласовании места размещения. При выборе места расположения водозаборов подземных вод должны учитываться: особенности гидрогеологических условий; санитарные требования, исключающие загрязнение подземных вод; экономические требования, обеспечивающие максимальное приближение водозаборных скважин к потребителю и компактное их размещение в пределах скважинного водозабора; геологические и гидрогеологические требования с учетом допустимого взаимодействия проектируемых скважин с действующими; условия рельефа местности, исключающие затопление водозабора паводковыми водами.

При проектировании водозаборов подземных вод должен учитываться прогноз изменения гидрогеологических и других природных условий. В отличие от поверхностных водных источников признаки загрязнения и истощения подземных вод обнаруживаются значительно медленнее, спустя продолжительное время.

В условиях эксплуатации водозаборов нередко наблюдается ухудшение состава отбираемой воды, поэтому при разведочных работах и проектировании водозаборов подземных вод необходимо ориентироваться не только на показатели качества воды, определенные на участке водозабора в период изысканий, но и на данные прогноза возможного изменения качества воды во времени. Это особенно важно для районов с неоднородным химическим составом подземных вод, а также для районов с наибольшей вероятностью загрязнения подземных вод.

Прогноз качества воды во времени необходим для определения оптимального режима эксплуатации и срока службы водозабора, а также размеров зон санитарной охраны (ЗСО). Возможность загрязнения подземных вод различна в зависимости от того, находятся ли они в области питания или в районах дренирования водоносного горизонта.





**Рис. 4.** Предлагаемая методика по организации комплекса работ по реконструкции и (или) расширению водозаборов

Источник: собственная разработка.

К комплексным задачам проектирования скважинных водозаборов можно отнести следующие:

- выбор и обоснование места размещения водозабора;
- выбор типа, состава и схемы размещения элементов системы водоснабжения объекта;
- выбор наиболее рациональных методов выполнения работ по сооружению водозабора;
- расчет производительности и понижений уровня подземных вод на начальный и конечный сроки эксплуатации водозабора;
- расчет зоны влияния проектируемого водозабора и взаимодействия с ближайшими проектируемыми и существующими водозаборами;
- оценка влияния водозабора на окружающую природную среду и разработка природоохранных мероприятий;

- оценка и прогноз качества подземных вод и при необходимости разработка проектов сооружений водоподготовки для питьевых целей очистке и подготовке подземных вод;
- расчет зон санитарной охраны (ЗСО) и разработка мероприятий по защите подземных вод от загрязнения и истощения;
- разработка технических регламентов эксплуатации и ремонта и технического обслуживания скважин водозабора (Syczewa, 2013).

На рис. 4 представлена этапы организации работ по реконструкции (расширению) действующих водозаборов подземных вод. Предлагается создание постоянно-действующей математической модели водозабора.

#### 4. Поэтапное развитие скважинного водозабора подземных вод

В связи с тем, что гидрогеологические параметры водозабора при оценке запасов подземных вод, как правило, завышены и требуют уточнения на стадии эксплуатации водозабора, а на начальной стадии ввода в эксплуатацию не требуется производительность, предлагается производить оценку эксплуатационных запасов и проектировать водозабор с учетом его поэтапного развития на сроки, кратные 10, 20, 30 годам при заданном общем водоотборе (Гуринович, 2004, с. 103). Поэтапное развитие водозабора с изменением его размеров и режимов работы во времени позволяет значительно сократить затраты на его строительство и эксплуатацию и более обоснованно производить после каждого последующего этапа эксплуатации расчет изменения производительности водозабора (переоценку запасов подземных вод).

Расчетная зависимость понижений от дебитов скважин для неустановившегося режима и напорной фильтрации в соответствии с формулой Тейса для различных периодов будет иметь вид 1.

$$S_i^p = \frac{1}{4\pi km} \left[ \sum_{\tau=1}^{p-1} Q_i^\tau Ei \left( -\frac{r_i^2}{4a(t_p - t_\tau)} \right) - \sum_{\tau=1}^p Q_i^\tau Ei \left( -\frac{r_i^2}{4a(t_p - t_{\tau-1})} \right) + Q_i^\tau \xi_i \right] + \frac{1}{4\pi km} \left[ \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{\tau=1}^{p-1} Q_j^\tau Ei \left( -\frac{l_{ij}^2}{4a(t_p - t_\tau)} \right) - \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{\tau=1}^p Q_j^\tau Ei \left( -\frac{l_{ij}^2}{4a(t_p - t_{\tau-1})} \right) \right], \quad (1)$$

где:

–  $S_i^p$  – понижение уровня в  $i$ -ой скважине в  $p$ -ый период, м;

- $Q_i^\tau$  – дебит  $i$ -ой скважины  $\tau$ -го периода,  $\text{м}^3/\text{сут.}$ ;
- $r_i$  – радиус  $i$ -ой скважины, м;
- $km$  – водопроницаемость пласта, м/сут.;
- $a$  – коэффициент пьезопроводности,  $\text{м}^2/\text{сут.}$ ;
- $t_\tau$  – продолжительность  $\tau$ -го периода, сут.;
- $Q_j^\tau$  – дебиты взаимодействующих скважин работающих в  $\tau$ -ый период,  $\text{м}^3/\text{сут.}$ ;
- $l_{ij}$  – расстояния до взаимодействующих скважин, м;
- $p$  – количество периодов;
- $n$  – количество скважин;
- $Ei$  – интегральная показательная функция.

На рисунке 5 представлена схема изменения параметров водозабора по методике поэтапного ввода в эксплуатацию.

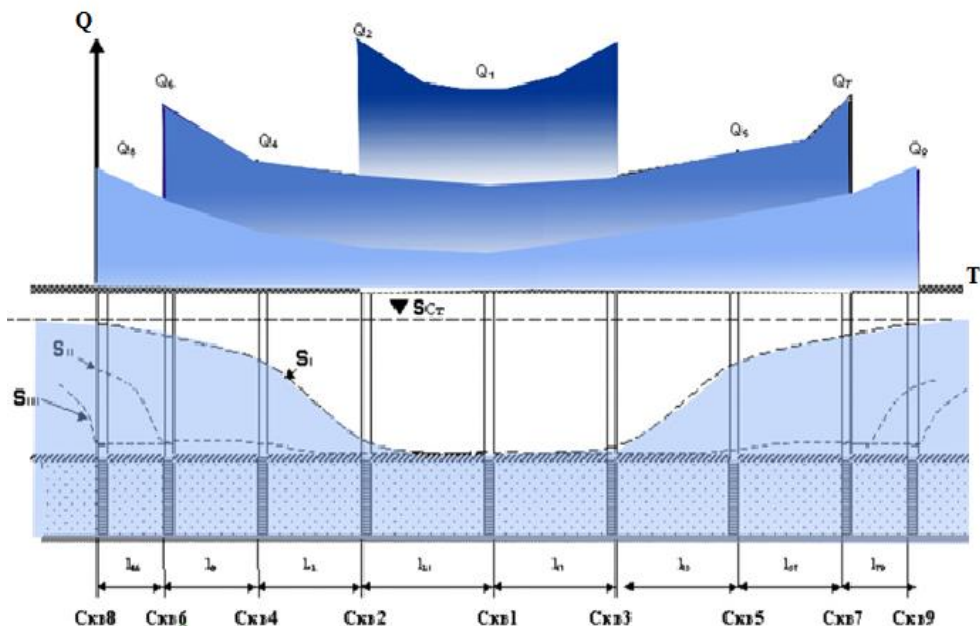


Рис. 5. Схема поэтапного развития скважинного водозабора подземных вод

Источник: собственная разработка.

## Резюме

Существующая система планирования организации работ по геологической разведке, оценке эксплуатационных запасов, проектированию и строительству водозаборов подземных вод не отвечает современных требованиям в части их оптимизации.

Предлагаемые методики позволяют сократить сроки выполнения всего комплекса работ от разведки до эксплуатации водозаборов подземных вод и снизить стоимость инвестиций и эксплуатационные затраты с учетом временного фактора.

Внедрение методологии поэтапного развития скважинного водозабора подземных вод на водозаборе г. Минска позволила сократить на 1,2 млн. долларов расходы на строительство и на 30% снизить эксплуатационные затраты.

## Список литературы

1. Бочеввер Ф. М., Веригин Н. Н. (1961), *Методическое пособие по расчетам эксплуатационных запасов подземных вод для водоснабжения*, Госстройиздат
2. Боревский Б.В., Язвин А.Л. (2012), *Новые принципы методики оценки эксплуатационных запасов подземных вод в районах их интенсивной эксплуатации*, Разведка и охрана недр 11, с. 3-13
3. Гуринович А. Д. (2001), *Питьевое водоснабжение из подземных источников: проблемы и решения*, Технопринт, Минск
4. Hurynovich A., Lorenc B. (2013), *Analiza efektywności eksploatacji ujęć wód podziemnych*, Polish Division, Journal of the European Association of Environmental and Resource Economists, с. 85-89
5. Гуринович А.Д. (2004), *Системы питьевого водоснабжения с водозаборными скважинами*, Технопринт, Минск
6. Dąbrowski S., Górski J., Kapuściński J., Przybyłek J., Szczepański A. (2004), *Metodyka określania zasobów eksploatacyjnych ujęć zwykłych wód podziemnych. Poradnik metodyczny*, Wydawnictwo Medyczne Borgis, Warszawa
7. Syczewa E., Hurynovich A. (2013), *The methodology in estimation of cost of life cycle of deep wells of underground waters intakes*, Polish Division, Journal of the European Association of Environmental and Resource Economists, с. 67-76
8. Syczewa E., Hurynovich A., Bednarczyk C. (2013), *Optimization of water wells design and construction*, Water supply and sewage systems inside buildings – design, construction and operation 1, Seidel-Przywecki, Warszawa, с.109-119

9. Pongkijvorasin S., Roumasset, J., Duarte T.K., Burnett K. (2010), *Renewable resource management with stock externalities: Coastal aquifers and submarine groundwater discharge*, Resource and Energy Economics 32, с. 277-291
10. Wada C.A. (2010), *Optimal and Sustainable Groundwater Management: Multiple Aquifers, Watershed Conservation, and Water Recycling*. Ph.D dissertation, Department of Economics, University of Hawaii at Manoa

## **Innovations in planning works on the geological exploration, evaluation of operational stocks, design and construction of groundwater intakes**

### **Abstract**

The subject of the investigation is the analysis of the existing organizational activities in geological exploration, appraisal and revaluation of groundwater storage, design and construction of large water intakes. The body of knowledge on these issues has developed for 70-80 years of the last century. New principles in organization activities on research (exploration), planning, design and construction of water intakes, and reconstruction and (or) extension of water intakes are proposed in the paper.

### **Keywords**

water intakes, appraisal, revaluation, exploration

### **Author information**

#### **Anatoliy Gurinovich**

Bialystok University of Technology  
Wiejska 45a, 15-351 Białystok, Poland  
e-mail: gurik@bk.ru

#### **Yekaterina Sycheva**

Warsaw University of Technology  
Pl. Politechniki 1, 00-661 Warsaw, Poland  
e-mail: vesnyshka\_1987@mail.ru