



**Боревский Б.В.**  
 д-р геол.-мин. наук  
 АО «ГИДЭК»<sup>1</sup>  
 генеральный директор  
[info@hydec.ru](mailto:info@hydec.ru)



**Язвин А.Л.**  
 д-р геол.-мин. наук  
 АО «ГИДЭК»<sup>1</sup>  
 руководитель геологической службы  
 главный научный сотрудник  
[alyazvin@hydec.ru](mailto:alyazvin@hydec.ru)

# ДОСТОВЕРНОСТЬ ПРОГНОЗА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД КАК ОСНОВА КВАЛИФИКАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО ГРУППАМ СЛОЖНОСТИ

1. Россия, 105203, Москва, 15 Парковая 10А

*Квалификация месторождений питьевых подземных вод по сложности условий определяет методику их изучения и возможность освоения. Согласно нормативной базе, сложность гидрогеохимических условий является одним из критериев выделения групп сложности, однако на практике она занимает подчиненное место по отношению к критерию фильтрационной неоднородности водовмещающих отложений. В настоящее время, ввиду ужесточения требований к качеству воды и развитию методов водоподготовки, сложность гидрогеохимических условий должна рассматриваться как решающий фактор при определении группы сложности изучаемого месторождения. В составе показателей сложности гидрогеохимических условий основное внимание следует уделять надежности прогнозов изменения качества воды в процессе эксплуатации водозаборов.*

**Ключевые слова:** питьевые подземные воды, недропользование, оценка запасов, нормативно-правовые документы, геологоразведочные работы, водоснабжение, сложность гидрогеохимических условий, прогноз изменения качества подземных вод.

**И**зучение качества питьевых подземных вод, т.е. возможности их использования по целевому назначению, всегда являлось важной частью оценки запасов, наряду с количественной оценкой – как и для любого другого полезного ископаемого. Требования к изученности качества подземных вод были сформулированы во всех «Классификациях эксплуатационных запасов...» [5-9] и инструкциях (методических рекомендациях) по их применению.

Указанные документы определяют изучение качества воды в процессе геологоразведочных работ и прогнозирование его устойчивости (пределов возможных изменений) в течение расчетного срока эксплуатации.

В разные периоды действия «Классификаций...» соотношение внимания, уделяемого степени изученности количества и качества запасов подземных вод, существенно менялось – в зависимости от их влияния на затраты по строительству и эксплуатации водозаборов.

В период действия первых «Классификаций...» водоподготовка (за исключением обезжелезивания и обеззараживания), как правило, не проектировалась, поэтому отношение к вопросам прогнозирования изменений качества подземных вод не было достаточно жестким и требовательным. Практически до конца XX века количественным гидродинамическим прогнозам уделялось существенно большее влияние, чем прогнозам качества. Использование консервативных и особенно балансовых методов прогноза изменения качества подземных вод привело к многочисленным серьезным ошибкам в прогнозах, к сожалению – в сторону его ухудшения по сравнению с прогнозными.

И в настоящее время прогнозы изменения качества подземных вод при эксплуатации продолжают носить сугубо формальный характер. Как правило, авторы ограничиваются тем, что констатируют соответствие качества воды нормативным требованиям и отсутствие причин для существенного изменения его во времени.

Между тем, проблема повышения надежности и достоверности прогнозов изменения качества подземных вод существенно обострилась в последние десятилетия в связи с большими затратами на водоподготовку и утилизацию отходов, образующихся при ее проведении [2].

Рассмотрим коротко эволюцию требований к изученности качества воды применительно к выделяемым категориям запасов (*таблица 1*).

Согласно первой «Классификации...» 1950 г. [8] при оценке запасов должна быть дана «качественная оценка подземных вод в соответствии с их целевым использованием».

Для категорий А и В качество должно быть «изучено достаточно для соответствующего целевого назначения», категории С<sub>1</sub> – «изучено в отдельных точках». Других требований не предъявлено.

В Инструкции по применению «Классификации...» (1951 г.) указано, что оценка качества дается в соответствии с их целевым назначением по физико-химическим и бактериологическим анализам с учетом гидрогеологических и санитарных условий. При этом исследования воды производятся не только для разведываемого водоносного слоя или комплекса водоносных слоев, но и для всех гидравлически связанных с ними водоносных горизонтов, а также и для поверхностных вод, которые могут повлиять на качество данных подземных вод в процессе их эксплуатации.

В определении понятия «эксплуатационные запасы» в «Классификации...» 1960 г. [9] говорится, что качество должно удовлетворять требованиям (определяются соответствующими ГОСТами) в течение всего расчетного срока водопотребления. Требования к изученности качества для разных категорий приведены в *таблице 1*.

Для освоения месторождения требуется соотношение категорий: А – 50%, В – 50%. На участках с весьма сложным гидрогеологическим строением допускается проектирование и строительство на базе меньшей доли категории А или даже на запасах категории В.

В Инструкции (1961 г.) методика геологоразведочных работ была увязана со сложностью гидрогеологических и гидрохимических условий. Приведена группировка МПВ по природным факторам, определяющим методику разведки и оценки запасов: 1 группа – месторождения грунтовых и неглубоких напорных вод; 2 группа – месторождения глубоких напорных артезианских вод.

В 1976 г. вышла «Инструкция по применению классификации эксплуатационных запасов подземных вод к месторождениям пресных вод» [3], а в 1979 г. – «Методическое руководство...» [4] (Язвин Л.С., Боревский Б.В. и др.), содержащие ряд принципиальных нововведений.

Впервые дана типизация месторождений подземных вод по геолого-гидрогеологическим условиям, определяющим методику разведки и подсчета эксплуатационных запасов подземных вод, широко используемая и в настоящее время.

Была увеличена значимость прогноза качества воды. Подчеркивалось, что в процессе эксплуатации водозаборов, в зависимости от гидрохимических условий в районе месторождения, а также при наличии очагов загрязнения, может происходить ухудшение качества подземных вод. Поэтому достоверность оценки



Таблица 1.

Требования к изученности качества и обоснованность прогноза его изменения по категориям запасов (согласно «Классификациям запасов...» )

Категория	1950	1960	1976 (инструкция)
Категория А	Качество воды для соответствующего целевого использования изучено достаточно	Качество подземных вод изучено с достоверностью, обеспечивающей возможность их использования по целевому назначению на расчетный срок водопотребления	Качество подземных вод изучено надежно и всесторонне по всем показателям в соответствии с требованиями к ним по целевому назначению, надежно определено положение контуров некондиционных вод в плане и разрезе в зоне влияния проектного водозабора, доказано, что качество вод в течение всего расчетного срока водопотребления будет находиться в установленных требованиями (кондициями) пределах
Категория В	Качество вод для соответствующего целевого использования изучено достаточно	Качество подземных вод изучено в такой мере, которая позволяет установить возможность их использования для заданного назначения	Качество подземных вод изучено в соответствии с требованиями к ним по целевому назначению; по месторождениям, где возможны изменения качества воды в процессе эксплуатации, приближенным гидродинамическим или балансовым расчетом должно быть доказано постоянство качества воды во времени, либо то, что его изменения будут происходить в допустимых пределах
Категория С <sub>1</sub>	В сложных гидрогеологических условиях необходимо опробование качества подземных вод в отдельных точках	Качество подземных вод изучено в такой мере, которая обеспечивает предварительное решение вопроса о возможности их использования по заданному назначению	Качество подземных вод должно быть изучено в мере, обеспечивающей решение вопроса о возможности их использования по заданному назначению; возможные изменения качества воды в процессе эксплуатации оцениваются ориентировочно на основании анализа общих геолого-гидрогеологических условий
Категория С <sub>2</sub>	-	Качество подземных вод определено по пробам, взятым в отдельных точках водоносного горизонта, либо по аналогии с разведанными участками	Качество подземных вод определено по пробам, взятым в отдельных точках водоносного горизонта, либо по аналогии с изученными участками того же горизонта. Эксплуатационные запасы подземных вод определены в пределах выявленных благоприятных структур и комплексов водовмещающих пород

Категория	1983	1997	2007
Категория А	Качество подземных вод изучено по всем показателям в соответствии с требованиями целевого использования; доказано, что в течение расчетного срока водопотребления качество вод будет постоянным или изменяться в допустимых пределах	Качество подземных вод изучено в течение всего периода эксплуатации и удовлетворяет требованиям их целевого назначения с учетом применяемых методов предварительной водоподготовки; подтверждена возможность его сохранения на весь последующий срок эксплуатации	Качество подземных вод соответствует требованиям их целевого использования, определенным и согласованным в установленном порядке, и обоснована возможность его сохранения на последующий срок эксплуатации водозабора
Категория В	Качество подземных вод изучено по всем показателям в соответствии с требованиями целевого использования; доказано, что в течение расчетного срока водопотребления качество вод будет постоянным или изменяться в допустимых пределах	Качество подземных вод изучено по всем показателям в соответствии с требованиями целевого назначения; доказано, что в течение расчетного срока водопотребления качество воды будет постоянным или будет изменяться в допустимых пределах	Качество подземных вод изучено в необходимых объемах с детальностью, позволяющей установить соответствие установленным требованиям в зависимости от целевого назначения воды, и выполнен прогноз сохранения необходимого качества воды в течение расчетного срока эксплуатации водозаборного сооружения
Категория С <sub>1</sub>	Качество подземных вод, а также его изменения в течение расчетного срока водопотребления изучены в степени, обосновывающей возможность целевого использования	Качество подземных вод, а также его изменения в течение расчетного срока водопотребления изучены в степени, обосновывающей возможность их использования по целевому назначению	Качество подземных вод изучено в объемах и детальностью, позволяющих с удовлетворительной достоверностью установить соответствие установленным требованиям в зависимости от целевого назначения воды и выполнить предварительные прогнозы сохранения качества воды или пределы его изменений в течение расчетного срока эксплуатации
Категория С <sub>2</sub>	Качество подземных вод изучено по единичным пробам и отвечает требованиям их целевого использования	Качество подземных вод изучено по единичным пробам и отвечает требованиям их целевого назначения	Качество подземных вод изучено в объемах и с детальностью, обеспечивающей предварительное установление возможности использования запасов по соответствующему целевому назначению

эксплуатационных запасов определяется также возможностью надежного прогнозирования качества воды во времени.

Выделены 3 группы сложности месторождений пресных подземных вод и сформулированы следующие критерии для их выделения, определяющих возможную степень достоверности оценки эксплуатационных запасов подземных вод:

- возможная достоверность оценки источников формирования запасов, находящихся отраженные в граничных условиях пласта;
- степень неоднородности фильтрационных свойств водовмещающих пород;
- сложность гидрохимических условий.

Впервые была учтена сложность технологических систем водозаборов в связи с невозможностью их реализации в процессе геолого-разведочных работ (горизонтальные водозаборы, системы ИППВ).

В зависимости от группы сложности дифференцированы требования к проведению геологоразведочных работ и условия отнесения запасов к разным категориям.

Принципы разделения месторождений питьевых подземных вод на группы сложности, сформулированные в «Инструкции» 1976 г., в значительной степени сохранились до настоящего времени.

**Группа I.** Месторождения с простыми гидрогеологическими условиями. Подземные воды приурочены к спокойно залегающим коллекторам выдержанной мощности, представленным однородными (пористыми и равномерно трещиноватыми) породами. Основные источники формирования эксплуатационных запасов могут быть надежно изучены в процессе разведочных работ, а также дан обоснованный прогноз изменения качества воды в процессе эксплуатации.

**Группа II.** Месторождения со сложными гидрогеологическими условиями. подземные воды приурочены к относительно спокойно залегающим коллекторам невыдержанной мощности или неоднородным по фильтрационным свойствам (неравномерно трещиноватым и закарстованным). Часть источников формирования эксплуатационных запасов может быть изучена в процессе разведочных работ надежно, а часть – приближенно. *Возможные изменения качества воды в процессе эксплуатации могут быть установлены приближенно расчетным путем.*

**Группа III.** Месторождения с очень сложными гидрогеологическими условиями. Подземные воды приурочены к весьма неоднородным по фильтрационным свойствам (неравномерно трещиноватым или закарстованным) коллекторам, имеющим локальное распространение, или пластам, невыдержанным по мощности и

осложненным тектоническими нарушениями. Источники формирования эксплуатационных запасов в процессе разведочных работ могут быть изучены приближенно, а *возможные изменения качества воды установлены ориентировочно.*

Группы сложности были увязаны с типами месторождений, для которых они наиболее характерны, и даны соответствующие примеры. Отмечено, что приведенные примеры не исключают того, что месторождения одного и того же типа, в зависимости от конкретных гидрогеологических условий, могут относиться к разным группам сложности.

Критерии оценки сложности гидрохимических условий приведены в **таблице 2**.

Разработки, выполненные в 1970-е годы, были приняты за основу при подготовке теми же авторами следующей «Классификации...» 1983 г. [6].

В этой «Классификации» были выделены 3 группы сложности гидрогеологических условий, охарактеризованные выше (с добавлением сложности геотермических условий).

Различия в сложности гидрогеологических условий нашли свое отражение в требованиях к степени изученности ЭЗПВ и соотношению «промышленных» категорий запасов, подготовленных для проектирования и освоения.

Группы сложности были увязаны с типами месторождений, для которых они наиболее характерны, и даны соответствующие примеры. Отмечено, что приведенные примеры не исключают того, что месторождения одного и того же типа, в зависимости от конкретных гидрогеологических условий, могут относиться к разным группам сложности.

Категория запасов	1-я группа	2-я группа	3-я группа
A+B	80	80	70
в т.ч. А не менее	40	20	-
C <sub>1</sub>	20	20	30

Соотношение категорий ЭЗПВ (в процентах)

Требования к изученности качества воды и обоснованность прогноза его изменений для разных категорий приведены в таблице 1. Критерии отнесения месторождений к той или иной группе сложности были перенесены в «Инструкцию».

В следующей «Классификации...» 1997 г. [7] вместо соотношения категорий для различных групп сложности были сформулированы требования к изученности запасов каждой категории, их использования для освоения и добычи подземных вод.

Критерии изученности и прогнозирования возможных изменений качества по категориям

приведены в **таблице 1**, критерии оценки сложности гидрохимических условий – в **таблице 2**.

Были выделены следующие критерии отнесения месторождений к той или иной группе сложности: гидрогеологические, водохозяйственные, геоэкологические и горно-геологические условия. При этом первый из них включал степень неоднородности пород, достоверность оценки источников формирования запасов, сложность гидрохимических и геотермических условий.

В «Классификации...» устанавливалось, что для отнесения месторождения к группе более высокой сложности достаточно, чтобы хотя бы один из установленных критериев соответствовал этой группе.

Запасы категорий В подсчитываются на разведанных месторождениях и являются основанием для проектирования водозабора и эксплуатации подземных вод.

Запасы категорий С<sub>1</sub> подсчитываются на предварительно оцененных месторождениях и предназначены для обоснования целесообразности разведки месторождения.

В весьма сложных условиях (III группа), где достижение детальности изученности запасов по категории В связано с большими и неоправданными затратами, запасы категории С<sub>1</sub> могут служить основанием для проведения ОПЭ без выполнения разведочных работ. Группы сложности определяют целесообразную степень изученности.

**Таблица 2.**

*Группы сложности гидрогеохимических условий и обоснованность прогноза изменения качества*

Группа сложности	1976 (инструкция)	1997 (классификация)	2003 (проект классификации)
<b>I (простые гидрохимические условия)</b>	Источники изменения качества отсутствуют или, при наличии в районе месторождения вод некондиционного состава, границы зон с различным качеством имеют простую конфигурацию в плане и в разрезе, а водоносные горизонты приурочены к однородным пористым породам. В этих условиях возможные изменения качества воды в процессе эксплуатации устанавливаются достаточно надежно расчетным путем	Отсутствие возможных источников изменения качества или возможность проведения надежного прогноза его изменения	Отсутствие возможных источников изменения качества или возможность проведения надежного прогноза его изменения. Объем полученной информации должен быть достаточным для обоснованного прогноза изменений уровней расходов и качества подземных вод на расчетный срок эксплуатации
<b>II (сложные гидрохимические условия)</b>	Границы зон с различным качеством имеют сложную конфигурацию в плане и разрезе, а водоносные горизонты приурочены к неоднородным пористым или равномерно трещиноватым породам. В этих условиях возможные изменения качества воды в процессе эксплуатации устанавливаются приблизительно расчетным путем.	Возможные изменения качества воды могут быть установлены приблизительно расчетным путем	Возможные изменения качества воды могут быть установлены приблизительно расчетным путем. Количественный прогноз изменения расходов, уровней и качества подземных вод в течение расчетного срока эксплуатации может быть выполнен обоснованно для водоотбора, не превышающего величину надежно изученных источников формирования запасов, а в остальных случаях – приблизительно
<b>III (очень сложные гидрохимические условия)</b>	Границы зон с различным качеством имеют сложную конфигурацию в плане и разрезе, а водоносные горизонты приурочены к неравномерно и весьма неравномерно трещиноватым и закарстованным породам. В этих условиях возможные изменения качества воды устанавливаются ориентировочно на основании качественного анализа гидрогеологической обстановки в районе месторождения.	Возможные изменения качества воды могут быть установлены только по анализу общей гидрогеологической и водохозяйственной обстановки, либо по аналогии с другими эксплуатируемыми месторождениями	Возможные изменения качества воды могут быть установлены только по анализу общей гидрогеологической и водохозяйственной обстановки и балансу источников формирования запасов либо по аналогии с другими эксплуатируемыми месторождениями. Источники формирования качества могут быть количественно оценены приблизительно. Прогноз возможных изменений качества в течение расчетного срока эксплуатации может быть выполнен приблизительно по анализу геолого-гидрогеологических условий и по аналогии с эксплуатируемыми МПВ

В 2003 г. ЗАО «ГИДЭК» (Боревский Б.В., Боревский Л.В., Язвин Л.С.) по заданию МПР был разработан проект новой «Классификации», принятый и одобренный Секцией подземных вод Научно-технического совета МПР России [1].

В проекте были существенно расширены основные критерии для отнесения месторождений к той или иной группе сложности, а также выделена 4-я группа – с уникальными по сложности условиями (месторождения питьевых вод 4-й группы сложности не выделялись).

**Были сформулированы следующие основные критерии:**

- а) характер залегания и строения продуктивных горизонтов, перекрывающих и подстилающих водоносных и слабопроницаемых пластов;
- б) изменчивость мощностей и фильтрационных свойств водовмещающих пород;
- в) сложность естественной гидрохимической обстановки;
- г) защищенность подземных вод от загрязнения;
- д) возможность надежной количественной оценки основных источников формирования эксплуатационных запасов подземных вод и их качества, а также прогнозирования их сохранения или изменений в процессе эксплуатации;
- е) сложность антропогенной, в т.ч. водохозяйственной обстановки;
- ж) степень обеспеченности потребности ресурсами подземных вод;
- з) возможность изучения факторов и надежного прогнозирования последствий влияния отбора подземных вод на окружающую среду;
- и) сложность горно-геологических условий освоения и высокая стоимость геологоразведочных работ в связи с необходимостью применения сложных технологий.

При характеристике критериев сложности гидрохимических условий впервые была включена возможность достоверной оценки источников формирования качества подземных вод, а также прогнозирования их сохранения или изменения в процессе эксплуатации.

Формулировки возможной достоверности прогнозирования изменения качества в месторождениях различных групп сложности приведены в **таблице 2**.

Запасы подземных вод 1-й группы в процессе геологического изучения недр могут быть оценены по категориям В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>; 2-ой группы – запасов категорий С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>, а также в отдельных категории В; 3-ей группы – по категориям С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>. В общем случае выделение запасов категории В производится по данным разведки.

Сложность гидрогеологических условий месторождений должна учитываться при оценке их геологической, технологической и экономиче-

ской изученности, при разработке и обосновании различных стадий проектных решений, в т.ч. при обосновании инвестиций.

Поскольку при обосновании инвестиций водоподготовка имеет весьма значительный удельный вес, то прогнозирование возможных изменений качества воды приобретает исключительно важное значение.

В действующей «Классификации...» 2007 г. [5] в отношении формулировок групп сложности и выделения 4 группы дополнительно к ранее выделяемым трем, использованы разработки АО «ГИДЭК» (2003 г.).

Формулировки групп сложности практически остались без изменения, как и возможность достижения в каждой группе определенных категорий изученности запасов на различных стадиях геологоразведочных работ и последующего использования полученных результатов. В то же время, были исключены формулировки целевого назначения, ранее установленные для каждой категории запасов в «Классификации...» 1997 г.

Требования к изученности и достоверности прогнозирования качества по категориям приведены в **таблице 1**.

Как видно из приведенных материалов, начиная с первой «Классификации...» 1950 г., во всех документах предъявляются требования к оценке соответствия качества питьевой воды нормативным требованиям. Требования к изученности качества и обоснованности прогноза его изменения различаются в зависимости от категории оцениваемых запасов. Смежные водоносные горизонты и поверхностные воды рассматриваются как возможные источники изменения качества воды в целевом водоносном горизонте.

При выделении трех групп сложности в 1970-х годах сложность гидрохимических условий являлась одним из трех основных критериев отнесения рассматриваемого месторождения к той или иной группе сложности.

Группа сложности определялась не только сложностью сложившейся гидрогеологической и водохозяйственной обстановки, но и возможностью и достоверностью прогнозирования ее изменений во времени.

Прогноз сохранения или изменений качества воды за расчетный период эксплуатации всегда являлся обязательной составляющей подсчета запасов подземных вод. Однако в большинстве случаев он имел сугубо формальный характер. Во многом это связано с тем, что критерии надежности и достоверности прогноза качества, по существу, отсутствуют, несмотря на формулировки в группах сложности и категориях запасов.

Видел ли кто-нибудь в отчетах авторскую оценку надежности прогноза качества? Напри-



мер, такая констатация – прогноз возможных изменений качества выполнен приближенно расчетным путем или по аналогии с эксплуатируемыми месторождениями. Нетрудно себе представить реакцию органов контроля (например, Ропотребнадзора) на такой прогноз.

Вне зависимости от сложности гидрохимических условий, и авторы нормативных документов, и разведчики подземных вод, при проведении прогнозных расчетов использовали, в основном:

- консервативные схемы движения некондиционных вод без учета преобразования физико-химических свойств подземных вод в процессе их движения к водозабору;

- балансовые формулы смешения подземных вод различного состава или подземных и поверхностных вод без учета изменения физических свойств и химического состава подземных вод в процессе миграции.

Несмотря на то, что уже с 1970-х годов велись достаточно серьезные исследования процессов изменения качества воды при взаимодействии воды и горных пород, изменении окислительно-восстановительного потенциала, процессов сорбции и десорбции различных элементов и т.п., их результаты практически не внедрялись в практику подсчета запасов.

При эксплуатации водозаборов это привело к многочисленным случаям несоответствия качества подземных вод предъявляемым требованиям, в то время как прогнозы были вполне благоприятны.

В настоящее время актуальность проблемы достоверности прогнозов качества при эксплуатации постоянно возрастает. Если в XX веке на первом месте были количественные вопросы подсчета запасов подземных вод, особенно при потребности в воде 500 л/сут на 1 человека, то при снижении этого норматива до 200 л/сут прогнозы качества постепенно выходят на первое место. Этому способствуют ужесточение требований к качеству, рост затрат на водоподготовку и утилизацию продуктов водоподготовки, например, после обратного осмоса.

Необходимо констатировать, что за последние 20 лет ситуация не улучшилась, проблема остается крайне острой. Прежде всего, это обусловлено тем, что, по-прежнему, при прогнозах качества не учитываются процессы физико-химических трансформаций состава подземных вод вследствие их взаимодействия с горными породами при движении воды к водозаборами.

В значительной степени это связано со сложностью математического описания этих процессов, а при наличии соответствующих программных средств – с крайней недостаточностью ин-

формации, необходимой для их характеристики и последующего учета в прогнозных расчетах. Между тем, только в одном случае в охарактеризованных выше нормативных документах было выдвинуто требование о достаточности информации для выполнения надежных прогнозов.

Достоверность прогнозирования уже на протяжении полувека определяется группой сложности месторождения. Чем сложнее условия, тем менее достоверен прогноз. Если сложность гидрохимических условий является одним из основополагающих критериев отнесения месторождения (участка недр) к той или иной группе сложности, то при ее квалификации именно достоверность прогноза качества должна быть решающим критерием.

Несмотря на это, в перечисленных ранее критериях групп сложности не раскрыто, в чем заключаются сложность естественной гидрохимической обстановки и возможность надежной количественной оценки сохранения или изменения качества в процессе эксплуатации.

Поэтому до сих пор основным критерием отнесения месторождения (участка) к той или иной группе по сложности гидрохимических условий является их естественная характеристика без учета физико-химических процессов, происходящих при движении подземных вод к водозаборами, приводящим к изменению их качества.

Роль этих процессов, проявляющаяся в существенных изменениях качества воды в сторону ухудшения, хорошо видна при изучении материалов эксплуатации крупных водозаборов, действующих десятки лет.

Характерным примером являются крупные инфильтрационные водозаборы, эксплуатирующие в долинах рек аллювиальный водоносный горизонт (Воронеж, Уфа, Новолипецкий МК и др.).

Несмотря на простые гидрогеологические условия в части возможности отбора требуемого количества воды, проблемы, связанные с изменением качества под влиянием изменения окислительно-восстановительного потенциала других процессов, приводят не только к значительным затратам на водоподготовку, но и к кольматации фильтров скважин, существенному снижению их проектного расхода, достигнутого при строительных откачках, и срока их эксплуатации.

Можно констатировать, что в таких условиях, месторождения подземных вод, всегда относимые к I группе, могут квалифицироваться не только по второй, но и по третьей группе сложности.

При этом нужно, безусловно, разделить квалификацию сложности гидрохимических условий на сложность природных (современных) гидрогеохимических условий и физико-химических процессов при эксплуатации.

В этой связи в качестве некоторого аналога можно привести выделенные Д.С.Соколовым в 1952 г. основные условия развития карста:

- наличие растворимых пород;
- пределы возможной растворимости пород в подземной воде,
- скорость движения подземных вод и время контакта воды и пород.

Итак, сложность гидрогеохимических условий определяется, прежде всего, сложностью процессов формирования качества подземных вод и его трансформации в процессе эксплуатации под влиянием физико-химических процессов взаимодействия воды и породы в условиях изменения скорости движения подземных вод и вектора его направления (структуры гидродинамической сетки).

Основные процессы, требующие учета:

- выщелачивание (растворение) из горных пород различных элементов и выделение из них приоритетных, определяющих соответствие качества подземных вод нормативным требованиям;
- сорбция и десорбция различных химических элементов, носящая избирательный характер;
- трансформация формы отдельных элементов под влиянием изменения окислительно-восстановительного потенциала;
- физико-химические процессы, происходящие в водоносном пласте, слабопроницаемых породах и на фильтрах водозаборных скважин.

Естественно, что изучить все эти процессы на каждом рассматриваемом объекте невозможно. Поэтому весьма большое значение будет иметь анализ материалов эксплуатации месторождений-аналогов с целью их использования для прогнозирования.

Таким образом, представления о сложности месторождений подземных вод требуют существенного изменения. На первое и главное место, определяющее отнесение к более высокой группе сложности, должна быть поставлена сложность процессов трансформации гидрогеохимических условий при эксплуатации, т.е. достоверность прогнозирования изменения качества воды. Отметим, что не всегда сложность природных (современных) гидрогеохимических условий и сложность процессов формирования качества при эксплуатации идентичны.

Объем информации, получаемый в настоящее время при геологическом изучении, разведке и эксплуатации подземных вод, совершенно недостаточен для описания перечисленных выше процессов и их учета при прогнозировании. Методика проведения геологоразведочных работ на всех стадиях должна быть переориентирована на получение необходимой информации, для чего требуются исследования состава

воды и пород, проведение комплекса специальных полевых работ.

Также требуются целенаправленные научные исследования для анализа условий формирования качества подземных вод и его трансформации в течение всего расчетного срока эксплуатации, в т.ч. при рассмотрении коротких (несколько месяцев) и длинных (несколько лет и даже десятков лет) интервалов времени.

Безусловно, надежность и достоверность прогнозирования качества воды существенно зависит от величины и схемы водоотбора. Поэтому количественные и качественные прогнозы между собой тесно связаны. Достоверный прогноз качества может быть сделан только на основе количественного гидродинамического прогноза и построения соответствующих ему гидродинамических сеток структуры водоотбора, в т.ч. при разной его величине.

Например, при прогнозных расчетах на одном из действующих инфильтрационных водозаборов в Центральной России был установлен следующий факт. При небольшом водоотборе решающий вклад в повышенное содержание нитратов имел поток загрязненных вод с городской территории. При росте водоотбора содержание нитратов снижалось за счет увеличения в балансе доли привлекаемых поверхностных вод.

Однако при этом существенно возросло содержание железа, марганца и аммония за счет обогащения ими поверхностных вод при их фильтрации через донные илистые отложения. В дальнейшем, при снижении уровня ниже верха фильтра эксплуатационных скважин, попадании в воду кислорода воздуха и смене восстановительного потенциала на окислительный, происходило выпадение железа в осадок и кольматация фильтров.

Поэтому необходимо выполнять прогноз качества при разной величине водоотбора, например, при фактической добыче, текущей и перспективной потребности в воде.

В настоящее время практически любая вода (пример – морская) в процессе водоподготовки может быть доведена до нормативных требований к питьевой воде.

Однако возможность и целесообразность использования воды определяются в значительной степени стоимостью проектных решений по выбору технологии и технических средств водоподготовки. Не менее сложной и дорогостоящей задачей является утилизация продуктов водоподготовки, в т.ч. в глубокие горизонты недр.

В связи с этим в требования к методике геологоразведочных работ и составу отчетных материалов должны быть включены разделы по выбору и обоснованию основных технических решений по технологии водоподготовки и



утилизации остаточных концентраций, а также геолого-экономическая оценка месторождения.

Напомним, что в Советском Союзе при завершении геологоразведочных работ обязательным было заключение головной проектной организации (т.е. специализированного проектного института) о достаточности материалов для проектирования.

Представляется целесообразным при постановке работ формулировать предварительные требования к качеству природной подземной воды, ориентируясь на приемлемую стоимость доведения ее до кондиционных требований.

При дорогой водоподготовке существенно возрастает стоимость воды, что отражается

на высоких тарифах для населения и вызывает проблемы с ее реализацией, особенно на небольших сельских водозаборах, поскольку финансовые возможности населения крайне ограничены. Возникает необходимость дотации тарифов из бюджетов различных уровней, что также требует серьезного обоснования.

Эта ситуация еще раз подтверждает необходимость обеспечения достоверных прогнозов качества подземных вод в течение всего расчетного срока эксплуатации и необходимости обоснования водоподготовки, выбору основных технических решений и геолого-экономической оценки подсчитанных запасов подземных вод. ❶

#### Литература

1. Боровский Б.В., Боровский Л.В., Язвин Л.С. Основные принципы разработки новой «Классификации эксплуатационных запасов и прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод» // Разведка и охрана недр. 2005. № 11.
2. Боровский Б.В., Язвин А.Л. Кондиционные и некондиционные питьевые и технические подземные воды. Проблемы изучения, назначения использования, нормативной базы. // Разведка и охрана недр. – 2012. - № 11, с. 18-26.
3. Инструкция по применению классификации эксплуатационных запасов подземных вод к месторождениям пресных вод, 1976 г.
4. Методическое руководство по разведке и оценке эксплуатационных запасов подземных вод для водоснабжения / Л.С. Язвин, Б.В. Боровский, В.Д. Гродзенский, М.П. Полканов. - М.: ВСЕГИНГЕО, 1979.- 132 с.
5. Классификация запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод (утв. приказом МПР России от 30.07.2007 № 195)
6. Классификация эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод. - М., 1983.- 11 с.
7. Классификация эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод. - М., 1997.- 16 с.
8. Классификация эксплуатационных запасов подземных вод, 1950 г.
9. Классификация эксплуатационных запасов подземных вод, 1960 г.

UDC 556.3:550.8:553.048

**B.V. Borevsky**, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, General Director, AO HYDEC<sup>1</sup>, info@hydec.ru

**A.L. Yazvin**, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Head of Geological Service, Chief Researcher, AO HYDEC<sup>1</sup>, al yazvin@hydec.ru

<sup>1</sup> 10A Parkovaya street, Moscow, 105203, Russia.

## RELIABILITY OF THE FORECAST OF THE QUALITY OF POTABLE GROUNDWATER AS THE BASIS FOR THE QUALIFICATION OF DEPOSITS BY COMPLEXITY GROUPS

**Abstract:** The qualification of potable groundwater deposits by the complexity of the conditions determines the methodology of their study and the possibility of development. According to the regulatory framework, the complexity of hydrogeochemical conditions is one of the criteria for identifying complexity groups, but in practice it occupies a subordinate place in relation to the criterion of filtration heterogeneity of water-bearing sediments. At present, due to stricter requirements for water quality and the development of water treatment methods, the complexity of hydrogeochemical conditions should be considered as a decisive factor in determining the complexity group of the studied deposit. As part of the indicators of the complexity of hydrogeochemical conditions, the main attention should focus on the reliability of forecasts of changes in water quality during the operation of water intakes.

**Keywords:** potable groundwater, subsoil use, reserves estimation, regulatory documents, prospecting and exploration, water supply, complexity of hydrogeochemical conditions, forecast of changes in groundwater quality.