



З.А. Аликин
канд. геол.-мин. наук
ПГНИУ¹
доцент
hydrogeology.psu@gmail.com

Рамочная классификация прогнозной вместимости и эксплуатационной емкости глубоких водоносных горизонтов

¹Пермский государственный национальный исследовательский университет. Россия, 614990, Пермь, ул. Букирева, 15.

Изложены факторы, определяющие сложность геолого-гидрогеологических условий участков недр, перспективных для организации захоронения вредных жидких отходов, обоснованы принципы изученности эксплуатационной емкости полигонов захоронения, а также их группировка по степени изученности

Ключевые слова: участок недр; баллы сложности; гидродинамическое воздействие; категории емкости; ресурсы вместимости; нормативно-методический документ

В предшествующих статьях, опубликованных в журнале «Разведка и охрана недр» в 2015–2017 гг. [1, 2, 3, 4] рассмотрены основные проблемы гидрогеологического обоснования захоронения вредных жидких отходов (ВЖО) в глубокие водоносные горизонты (ГВГ), начиная от дефиниций, через методику оценки эксплуатационной емкости (далее – емкости) и параметров сложности геолого-гидрогеологических условий полигонов захоронения (ПЗ) до принципов достоверности оценки емкости и корректировки стадийности геологоразведочных работ, изложенных в [5, 6].

Разработка этих положений позволяет в первом приближении приступить к формированию основного нормативно-методического документа, определяющего единый порядок и требования к достоверности оценки емкости и прогнозной вместимости пластов-коллекторов в пределах полигонов захоронения ВЖО. Окончательная разработка классификации на основе представленной версии и ее утверждение в установленном порядке позволит существенно повысить как эффективность выявления, оценки и разведки ПЗ, так и достоверность оценки емкости пластов-коллекторов.

Общие положения

1. Эксплуатационные емкости пластов-коллекторов подсчитываются по результатам ГРП, выполненных в процессе геологического изучения и оценки представленных в пользование участков недр, а также по данным разведки таких участков или эксплуатации действующих полигонов захоронения ВЖО.

2. Прогнозные вместимости глубоких водоносных горизонтов оцениваются в пределах структурных частей артезианских бассейнов различного порядка.

3. Требования к совместимости ВЖО с пластовыми водами и водовмещающими породами, а также к организации санитарно-защитных зон полигонов захоронения определяются в порядке, установленном законодательством РФ в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

4. Объектом подсчета эксплуатационной емкости пласта-коллектора является полигон захоронения ВЖО. Объектом оценки прогнозной вместимости являются ГВГ в пределах гидрогеологических структур различного порядка, оцененные на основании комплекса благоприятных гидрогеологических предпосылок, обоснованных по результатам региональных гидрогеологических исследований, балансовых и гидродинамических подсчетов, экспертных оценок

с использованием площадных геофизических исследований, гидрогеологического опробования и ГИС глубоких скважин различного назначения.

5. Подсчет и учет эксплуатационной емкости пластов-коллекторов в пределах ПЗ производится в количестве ВЖО ($\text{м}^3/\text{сут}$), которые могут быть превентивно внедрены в пласты-коллекторы условными обобщенными нагнетательными сооружениями в пределах ГВГ гидрогеологических структур, а также участков недр, перспективных для выявления и организации ПЗ.

Группы полигонов захоронения ВЖО по сложности геологического строения и гидрогеологических условий

6. Необходимая и достаточная степень достоверности эксплуатационной емкости пластов-коллекторов определяется в зависимости от сложности геологического строения и гидрогеологических условий полигонов захоронения или участков недр, а также структурно-тектонических, палеогеографических условий площади гидродинамического воздействия будущей эксплуатации полигона.

6.1. Основными критериями, определяющими эту сложность являются:

- состав и свойства элементов внутренней структуры полигона в естественных условиях (состав и свойства пластовых вод и водовмещающих пород и прогноз их совместимости с ВЖО);
- сложность граничных условий полигона в плане и разрезе и их схематизации для расчета эксплуатационной емкости;
- сложность обоснования моделей полигона в естественных и нарушенных эксплуатацией условиях.

6.2. Эти критерии в зависимости от своих особенностей подразделяются на три группы (простые, сложные и весьма сложные). Очевидно, что для большинства ПЗ критерии конкретного полигона будут, как правило, относиться к разным группам сложности. Предлагается ввести балльную оценку сложности. Поскольку в настоящее время не представляется возможным ранжировать критерии по их приоритетности, они принимаются равнозначными в пределах каждой группы сложности: в первой группе – 1 балл, во второй – 2 балла, в третьей – 3 балла. При введении этого условия оценка степени сложности вышеназванных условий всего разнообразия изучаемых потенциальных ПЗ – (от наиболее простых до наиболее сложных) – находятся в интервале, соответственно, от 3 до 9 баллов. При амплитуде 6 баллов каждой группе сложности отвечает интервал в 2 балла. Тогда каждая группа характеризуется следующим ко-

личеством баллов: первая – от 3 до 5, вторая – от 6 до 7, третья от 8 до 9.

Категории эксплуатационных емкостей и прогнозных вместимостей пластов-коллекторов по степени геолого-гидрогеологической изученности

7. Эксплуатационные емкости пластов-коллекторов по степени геолого-гидрогеологической изученности подразделяются на категории А, В, С₁ и С₂.

7.1. Эксплуатационная емкость категории А выделяется на эксплуатируемых в течение 5 лет полигонах захоронения первой и второй групп сложности при условии проведения в этот период эксплуатационной разведки. Она должна обеспечиваться выполнением следующих требований:

- достоверно изучены внутреннее строение и граничные условия полигона захоронения;

- достоверно определены фильтрационные и емкостные параметры пласта-коллектора в зоне гидродинамического воздействия ПЗ за последующий пятилетний период эксплуатации ПЗ;

- определено наличие или отсутствие буферного горизонта и рассчитано численное значение допустимого повышения давления на кровлю пласта-коллектора на конец расчетного периода;

- количественно оценены источники формирования эксплуатационной емкости пласта-коллектора;

- установлена зависимость $\Delta P/Q=f(Q)$ в процессе предшествующей эксплуатации ПЗ;

- совместимость ВЖО с пластовыми водами и водовмещающими породами пласта-коллектора с учетом технологии их подготовки к захоронению соответствует нормативным требованиям к эксплуатации ПЗ;

- доказана изолированность пласта-коллектора от вышележающих водоносных комплексов по результатам эксплуатационной разведки ПЗ.

К эксплуатационной емкости категории А относится средняя приемистость нагнетательных скважин ($Q_{\text{сум}}$) в м³/сут за предшествующие 5 лет, при этом должны быть соблюдены следующие условия:

- возможность сохранения принятой производительности ПЗ на последующий 5-летний срок эксплуатации по данным прогнозных расчетов, в том числе с применением математического моделирования;

- обоснована возможность сохранения совместимости ВЖО с пластовыми водами на последующий пятилетний срок эксплуатации ПЗ;

- на эксплуатируемых ПЗ в соответствии с нормативными документами организованы санитарно-защитные зоны, согласованные и утвержденные в установленном порядке.

Эксплуатационная емкость категории А на ПЗ третьей группы сложности не выделяется.

7.2 Эксплуатационная емкость категории В выделяется на представленных в пользование и разведанных участках недр первой и второй групп сложности, а также на ПЗ третьей группы сложности, находящихся в опытно-промышленной эксплуатации или на эксплуатируемых ПЗ этой группы (переоценка).

Эксплуатационная емкость категории В должна удовлетворять следующим основным требованиям:

- изучены с необходимой достоверностью внутреннее строение и граничные условия ПЗ;

Окончательная разработка классификации на основе представленной версии и ее утверждение в установленном порядке позволить существенно повысить как эффективность выявления, оценки и разведки полигонов захоронения, так и достоверность оценки емкости пластов-коллекторов

- гидрогеологические параметры пласта-коллектора, размещение и конструкция нагнетательных скважин и другие исходные данные, необходимые для подсчета его эксплуатационной емкости, определены по данным кустовых и одиночных нагнетаний с 2–3 степенями приемистости, в том числе опытно-эксплуатационных;

- проектная приемистость нагнетательных скважин и допустимое повышение пластового давления на последующий 5-летний срок эксплуатации должны быть подтверждены результатами опытно-фильтрационных работ и геомеханическими расчетами;

- совместимость ВЖО с пластовыми водами и водовмещающими породами доказана стабильностью во времени приемистости нагнетательных скважин с учетом использования при необходимости превентивных мероприятий по соляно-кислотной обработке (СКО) фильтровой колонны;

- получены необходимые исходные данные и выполнены расчеты размеров санитарно-защитных зон и доказана возможность их организации;

- оценено влияние будущей эксплуатации ПЗ на состояние недр на действующие ПЗ в пределах площади гидродинамического воздействия проектного ПЗ и доказана допустимость ожидаемых воздействий;

- изолированность пласта-коллектора от вышележающих водоносных горизонтов базируется на наличии водоупорного слоя, имеющего региональное распространение, и буферного горизонта.

7.3. Эксплуатационная емкость категории C_1 должна удовлетворять следующим основным требованиям:

- установлены основные особенности внутреннего строения и граничных условий изучаемого ПЗ в плане и разрезе, а также имеются сведения по структурно-тектоническим и палеогеографическим условиям зоны гидродинамического воздействия будущей эксплуатации ПЗ;

- имеется информация для обоснования приближенной гидрогеологической модели эксплуатируемого ПЗ;

- гидрогеологические параметры и показатели определены по данным преимущественно одиночных нагнетаний, дуплетного опробования пласта-коллектора, геофизических исследований (ГИС);

- ориентировочно оценены параметры источников формирования эксплуатационной емкости;

- совместимость ВЖО с пластовыми водами обоснована лабораторными исследованиями, позволяющими при необходимости обеспечить разработку технологии их подготовки к захоронению;

- получены исходные данные для обоснования возможности организации санитарно-защитных зон;

- изолированность пласта коллектора от зоны активного водообмена предварительно обоснована наличием в кровле водоупорного слоя.

7.4. Эксплуатационная емкость категории C_2 выделяется на опосредованных участках недр первой и второй групп сложности и на отдельных участках третьей группы сложности. Эксплуатационные емкости этой категории могут выделяться на действующих полигонах, не прошедших геологическую экспертизу, при подсчете их на таких полигонах.

Эксплуатационная емкость категории C_2 должна удовлетворять следующим основным требованиям:

- установлены принципиальные особенности геологического строения и гидрогеологических условий участка недр, а также имеющиеся предварительные сведения о структурно-тектонических и палеогеографических условиях зоны гидродинамического воздействия потенциального ПЗ;

- имеется информация для предварительного обоснования модели ПЗ в естественном состоянии и гипотетической модели ПЗ в условиях его эксплуатации;

- гидрогеологические и другие параметры и показатели определены по результатам бурения и опробования поисковых скважин, переинтерпретации ГИС ранее выполненных работ для других целей с достоверностью, позволяющей выполнить ориентировочный подсчет эксплуатационной емкости на участках недр с использованием условной схемы размещения нагнетательных скважин;

- совместимость ВЖО с пластовыми водами изучена по данным опробования единичных скважин и смешения отходов в различных пропорциях с пластовыми водами, позволяющими установить принципиальную возможность разработки технологии подготовки ВЖО к захоронению в перспективный пласт-коллектор;

- получены исходные данные общего характера для предварительного обоснования возможности организации санитарно-защитных зон ПЗ;

- изолированность пласта-коллектора от зоны активного водообмена определена на основе анализа результатов структурно-тектонических и палеогеографических исследований.

8. Прогнозная вместимость пластов-коллекторов по степени ее обоснованности относительно категории Р.

Оценка прогнозной вместимости категории Р выполняется на основе обобщения и анализа имеющихся геолого-гидрогеологических материалов (мелкомасштабных гидрогеологических съемок, структурно-тектонических и палеогеографических исследований, переинтерпретации ГИС). Материалы должны быть достаточными для обоснования общих представлений о геолого-гидрогеологических условиях перспективных участков недр и вероятностных моделей потенциальных ПЗ в условиях их эксплуатации. Совместимость ВЖО с пластовыми водами и водовмещающими породами оценивается на основе вероятностных экспертных оценок.

Прогнозная вместимость категории Р пласта-коллектора подсчитывается гидродинамическим методом для обобщенных площадных систем, а также балансовым методом.

Выделение групп полигонов захоронения по степени их изученности

9. Полигоны захоронения ВЖО по степени их изученности необходимо подразделять при проведении государственной экспертизы эксплуатационной емкости на 3 группы: выявленные, оцененные и разведанные.

Выявленные ПЗ выделяются в пределах ГВГ по результатам сбора, систематизации и анализа фондовых материалов в пределах площади поисков, указанной в геологическом (техническом) задании заказчика

9.1. К выявленным полигонам относятся те, эксплуатационные емкости которых по степени изученности геолого-гидрогеологических условий, совместимости ВЖО с пластовыми водами и водовмещающими породами, изолированности от зоны активного водообмена изучены в степени, позволяющей обосновать перспективность полигона для проведения оценочной стадии ГРП.

Выявленные полигоны по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивается возможность квалификации эксплуатационной емкости по категории C_2 (для полигонов первой и второй групп) и категории прогнозной вместимости P для полигонов третьей группы;

- внутреннее строение пласта-коллектора, граничные условия в плане и разрезе, величины гидрогеологических параметров изучены в степени, необходимой для обоснования предварительной оценки возможности организации ПЗ и округов санитарно-защитных зон;

- совместимость ВЖО с пластовыми водами и водовмещающими породами изучена с детальностью, обеспечивающей возможность разработки предварительной технологии их захоронения;

- модель эксплуатируемого полигона определена приближенно или по аналогии;

- изолированность пласта-коллектора в режиме его эксплуатации подтверждена экспертными геомеханическими и гидродинамическими расчетами.

9.2. К оцененным полигонам относятся те, эксплуатационные емкости которых по степени изученности геолого-гидрогеологических условий совместимости ВЖО с пластовыми водами и водовмещающими породами, изолированности от зоны активного водообмена изучены в степени, позволяющей обосновать целесообразность предоставления в пользование участков недр для дальнейшей разведки и опытно-промышленной и/или промышленной эксплуатации полигона.

Оцененные полигоны по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивается возможность квалификации эксплуатационной емкости по категории C_1 (для первой и второй групп) и C_2 (для третьей группы);

- внутреннее строение пласта-коллектора, граничные условия ПЗ в плане и разрезе, величины гидрогеологических параметров изучены в степени, необходимой для обоснования принципиальной возможности организации санитарно-защитных зон;

- совместимость ВЖО с пластовыми водами и водовмещающими породами изучена с детальностью, обеспечивающей разработку технологии подготовки их к захоронению;

- модель эксплуатируемого полигона определена на основании комплекса предварительных значений параметров и методических приемов, позволяющих предварительно оценить ее достоверность;

- изолированность пласта-коллектора в режиме его эксплуатации подтверждена предварительными геомеханическими и гидродинамическими расчетами.

9.3. К разведанным относятся полигоны, эксплуатационные емкости которых соответствуют количеству и совместимости ВЖО с пластовыми водами согласно техническому заданию заказчика, а также экологическим и горно-геологическим условиям; геолого-гидрогеологические условия изучены по данным геологоразведочных и других видов работ с полнотой, достаточной для проектирования и обустройства полигонов захоронения ВЖО.

Разведанные полигоны по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивается возможность квалификации эксплуатационной емкости по категориям, соответствующим категории B (для первой и второй групп) и категории C_1 для третьей группы;


- внутреннее строение пласта-коллектора, граничные условия ПЗ в плане и разрезе, величины гидрогеологических параметров изучены с детальностью, обеспечивающей обоснование исходных данных для взаимного размещения нагнетательных и наблюдательных скважин, их конструкций, проектной приемистости, размеров санитарно-защитных зон;

- совместимость ВЖО с пластовыми водами и водовмещающими породами изучена с детальностью, обеспечивающей оценку использования разработанной технологии подготовки ВЖО к захоронению, а также возможностью

выполнить прогноз сохранения проектной приемистости нагнетательных скважин с учетом превентивных мер в процессе эксплуатации полигонов;

– модель эксплуатируемого полигона определена по результатам комплекса опытно-фильтрационных работ, позволяющих установить за-

кономерности роста пластового давления от суммарной приемистости полигона и длительности его эксплуатации;

– изолированность пласта-коллектора в режиме 5-летней эксплуатации подтверждена установленными закономерностями и гидродинамическими расчетами. 

Литература

1. Аликин Э.А. Основные дефиниции, необходимые для обоснования захоронения вредных жидких отходов // Разведка и охрана недр. 2015, № 2. С. 55–57.
2. Аликин Э.А. Методика оценки эксплуатационной емкости глубоких водоносных горизонтов для захоронения в них вредных жидких отходов // Разведка и охрана недр. 2015, № 7. С. 46–49.
3. Аликин Э.А. Концепция геологического изучения участников недр для захоронения в них вредных жидких отходов (ВЖО) // Разведка и охрана недр. 2016, № 5. С. 62–64.
4. Аликин Э.А. Принципы достоверной оценки эксплуатационной емкости глубоких водоносных горизонтов // Разведка и охрана недр. 2017, № 3. С. 59–64.
5. Методические рекомендации по обоснованию выбора участков недр для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых. М. 2007.
6. Требования к геологическим материалам по обоснованию подземного захоронения жидких отходов (1 редакция). М.: ГИДЭК. 2002.

UDC 504

A.E. Alikin, PhD, Associate Professor, Perm State University¹, hydrogeology.psu@gmail.com

¹ Perm State University. 115 Bukireva str., Perm, 614990, Russia.

Framework Classification for Predictive Capacity and Operational Capacity of Deep Aquifers

Abstract. The factors that determine the complexity of geological and hydrogeological conditions of the subsoil, promising for liquid waste burial, are considered. Principles of knowledge of the operational capacity of landfills are substantiated; landfills are grouped according to exploration degree.

Keywords: subsoil; points of complexity; hydrodynamic effect; categories of capacity; resource of capacity; regulatory and guidance documentation.

References

1. Alikin E.A. *Osnovnye definitsii, neobkhodimye dlia obosnovaniia zakhroneniia vrednykh zhidkikh otkhodov* [The main definitions needed to justify the disposal of harmful liquid waste]. *Razvedka i okhrana neдр* [Exploration and protection of mineral resources], 2015, no. 2, pp. 55–57.
2. Alikin E.A. *Metodika otsenki ekspluatatsionnoi emkosti glubokikh vodonosnykh gorizontov dlia zakhroneniia v nikh vrednykh zhidkikh otkhodov* [Method for assessing the operational capacity of deep aquifers for disposal of harmful liquid wastes in them]. *Razvedka i okhrana neдр* [Exploration and protection of mineral resources], 2015, no. 7, pp. 46–49.
3. Alikin E.A. *Kontsepsiia geologicheskogo izucheniia uchastnikov neдр dlia zakhroneniia v nikh vrednykh zhidkikh otkhodov (VZhO)* [The concept of geological study of subsoil participants for burial in them of harmful liquid waste]. *Razvedka i okhrana neдр* [Exploration and protection of mineral resources], 2016, no. 5, pp. 62–64.
4. Alikin E.A. *Printsipy dostovernoi otsenki ekspluatatsionnoi emkosti glubokikh vodonosnykh gorizontov* [Principles of reliable assessment of the operational capacity of deep aquifers]. *Razvedka i okhrana neдр* [Exploration and protection of mineral resources], 2017, no. 3, pp. 59–64.
5. *Metodicheskie rekomendatsii po obosnovaniiu vybora uchastkov neдр dlia tselei, ne svyazannykh s dobychei poleznykh iskopaemykh* [Methodological recommendations for justifying the selection of subsoil blocks for purposes not related to the extraction of minerals]. Moscow, 2007.
6. *Trebovaniia k geologicheskim materialam po obosnovaniiu podzemnogo zakhroneniia zhidkikh otkhodov (1 redaktsiia)* [Requirements for geological materials for the substantiation of underground disposal of liquid waste (1 edition)]. Moscow, GIDEX Publ., 2002.